

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Studijní program B2341 – Strojírenství

Materiály a technologie

Tváření kovů a plastů

Katedra strojírenské technologie

Oddělení tváření kovů a plastů

Tvářecí stroje používané pro technologie kování - buchary **Forming machines used for technologies forging - drop hammers**

Ondřej Burda

KSP – TP – B65

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Michaela Kolnerová, Ph.D. – *TU v Liberci*

Konzultant bakalářské práce: Ing. Pavel Doubek, Ph.D. – *TU v Liberci*

Rozsah práce a příloh:

Počet stran	65
Počet tabulek	9
Počet příloh	2
Počet obrázků	56

Datum: 28.5.2010

originální zadání bakalářské práce

ANOTACE

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní
Katedra strojírenské technologie
Oddělení tváření kovů a plastů

Studijní program: B2341 – Strojírenství
Student: Ondřej Burda
Téma práce: Tvářecí stroje používané pro technologie kování - buchary
Forming machines used for technologies forging - drop hammers
Číslo BP: KSP – TP – B65
Vedoucí BP: Ing. Michaela Kolnerová, Ph.D. – *TU v Liberci*
Konzultant: Ing. Pavel Doubek, Ph.D. – *TU v Liberci*

Abstrakt:

Cílem bakalářské práce je rozdělení bucharů a popis těchto tvářecích strojů, zejména podle typu jejich pohonu, proto jsou jednotlivé buchary děleny především podle tohoto kritéria. V úvodu práce jsou zmíněny historie a význam kování, současně základní rozdělení této technologie na tvářecí procesy a uvedeny výpočty energosilových parametrů a účinnosti jednotlivých typů bucharů. V práci je zhodnocena technologie kování jako objemového tváření kovů a zmíněn současný trend kování.

Abstract:

The goal of the thesis is the division of drop hammers and the description of these forming machines, especially according to the type of their drive, that's why the drop hammers are divided by this criterion. In the introduction of this thesis, there are references to history, importance of the forging, basic division of this technology into forming processes and there are calculations of power, energy and effectivity of several types of drop hammers at the same time. We evaluated the technology of the forging as cubical forming of metals and we mentioned the current trend of forging in this thesis.

Místopřísežné prohlášení:

Místopřísežně prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.

V Liberci, 28.5.2010

.....

Ondřej Burda
Josefa Hory 862/38
589 01 Třešť

..

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval své vedoucí bakalářské práce Ing. Michaele Kolnerové, Ph.D. za odborné vedení, pomoc při zpracování bakalářské práce, za cenné rady a podněty. Dále bych chtěl poděkovat svým rodičům a všem, kteří mě ve studiu podporovali a podporují.

Ondřej Burda

Obsah

1. Úvod	9
1.1. Historie kování	10
1.2. Technologie tváření kovů	15
1.3. Kování	17
1.3. Rozdíl mezi prací na bucharu a na lisu	24
2. Teoretická část	26
2.1. Základní části bucharů	28
3. Rozdělení bucharů	30
3.1. Bucharý mechanické	32
3.1.1. Pružinové bucharý	32
3.1.2. Padací bucharý	34
3.1.2.1. Řemenové padací bucharý	36
3.1.2.2. Řetězové padací bucharý	37
3.1.2.3. Deskové padací bucharý	38
3.2. Bucharý hydraulické	40
3.2.1. Jednočinné hydraulické bucharý	40
3.2.2. Dvojčinné hydraulické bucharý	41
3.3. Plynové bucharý	43
3.3.1. Pneumatické bucharý	43
3.4. Elektromagnetické bucharý	46
3.5. Kombinované bucharý	47
3.5.1. Parovzdušné bucharý	47
3.5.2. Hydropneumatické bucharý	51
3.6. Protiběžné bucharý s vázaným pohonem	54
3.6.1. S mechanickou pákovou vazbou	54
3.6.2. S mechanickou pásovou vazbou	54
3.6.3. S hydraulickou vazbou	55
3.7. Protiběžné bucharý s nezávislým pohonem	56
3.7.1. Bezšabotové	56
3.7.2. Se šabotou	56
3.7.3. Horizontální protiběžný buchar	58
4. Výpočty pracovní schopnosti bucharu	59

4.1. Šabotové buchary	59
4.2. Protiběžné buchary	60
5. Závěr	61

Seznam použitých symbolů

m	hmotnost	[kg]
v	rychlost	[m/s]
A	úderová práce	[J]
E	energie	[J]
h	výška	[mm]
x	vzdálenost	[mm]
η	účinnost	[%]
k	součinitel	[-]

1. Úvod

Když byl dostavěn Jeruzalémský chrám, král Šalomoun uspořádal slavnost. Na ni pozval všechny mistry, kteří se podíleli na velkolepé stavbě. Při hostině král položil otázky:

„Kdo byl nejdůležitějším stavitelem?“

„Kdo má největší zásluhu na této stavbě?“

Zvedl se kameník a pravil:

„Chrám to je dílo našich rukou, o tom nemůže být sporu. Podívejte se na to, jak má pevné stěny!“

„Nepopírám, že chrám má základy z kamene,“ přidal se tesař. „Ale sami posuďte, zda by byl tento chrám chrámem, kdybychom my tesaři nepracovali v potu tváře? Byly by jeho zdi krásné, kdyby nebyly obloženy dřevem z libanonských cedrů? A co podlaha z nejlepších druhů zimostroázu? Nejsme my tesaři tvůrci tohoto pohádkového paláce?“

Pojďme ke kořenům!“ přerušil ho kopáč. „Chtěl bych vědět, zda by kameníci a tesaři mohli postavit chrám, kdybychom jim nevyhloubili základy? Stavba bez základů by se při prvé bouři zřítíla!“

Ne nadarmo však byl král Šalomoun proslulý svou moudrostí. Zavolal k sobě kameníka a zeptal se ho: „Kdo zhotovil tvoje nástroje?“

„Kovář, samozřejmě.“ odpověděl překvapený kameník.

„A kdo udělal tvoje nástroje?“ obrátil se král na tesaře.

„Kovář, kdo jiný.“ samozřejmě odpověděl tesař.

„A kdo zhotovil tvoji lopatu a krumpáč?“ otázal se kopáče.

„Přeci, králi, víš, že ty může vykovat jen kovář.“ odpověděl.

„Hle, kdo je tedy nejdůležitější!“ zvolal nejmoudřejší z králů a s těmito slovy posadil vedle sebe kováře a podal mu číši naplněnou vínem.

Tato tři tisíce let stará legenda ukazuje důležitost kováře, resp. schopnost člověka přetvořit materiál na výrobky, které sloužily lidem jako nástroje, pro práci či pro věci denní potřeby. [1]

1.1. Historie kování [2]

Z historického hlediska patří kovářství k nejstarším řemeslům, známé lidstvu od doby, co poznali oheň a kovatelné kovy.

Historie kování sahá až do 3. tisíciletí př. n. l., kdy začaly první pokusy člověka zpracovávat železo. Nálezy z tohoto období jsou velmi vzácné a pocházejí z oblasti Mezopotámie. V tomto období byl zpracováván náhodně nalezený materiál zpravidla meteorického původu. Na takto nalezených předmětech lze pozorovat základní kovářské techniky jako je vytahování, rozštěpování, ostření a probíjení. V tomto období byly kovové předměty velmi drahé a bylo s nimi zacházeno s úctou. V hrobech jsou nalézány na čestných místech. Železo bylo velmi drahý kov.

Větší rozvoj kovářství nastal zhruba ve 12. století př. n. l. v Asii, kde byly vyráběny první kovové předměty určené k denní potřebě.

Od 7. století př. n. l. na území střední Evropy nastal relativně prudký rozvoj používání železa a s tím i kovářství, ačkoli se jedná o období, kdy je využíván především bronz. V tomto období byla již objevena značná část kovářských technik, jako je sekání kovu za tepla, probíjení, pěchování, nýtování a hlazení povrchu. Jako materiál byla zpravidla využívána nestejněmálně nauhličená či měkká ocel, ze které nebyly nástroje příliš pevné. Proto se začala objevovat technika tvrzení, kdy rozžhavený nástroj byl několikrát vložen do hromady dřevěného uhlí s přísadami, čímž došlo k nauhličení.

V období mladší doby železné byla vyšší poptávka po ocelových předmětech. S výrobou mečů stoupaly i nároky na kvalitu. Kováři postupně začali vyrábět značné množství nových předmětů, jako byla kování, klíče, jednoduché zámky, atp.

V 8. století př. n. l. byly ve starověkém Římě známy prakticky všechny základní techniky, které kovářství využívá. Římská kovárna byla přiblížena podobě kovárny 19. století, měla krytou výheň, dmychadlo a velmi podobné nářadí. Díky velkému sortimentu kovářských výrobků (výroba zbraní (*Obr. 1.*), nářadí, umělecká díla, psacího náčiní) došlo ke specializaci jednotlivých kováren.



Obr. I. Meč používaný Římany ve starověku [3]

V 8. století v oblasti střední Evropy kovář používal velké množství nářadí, nebyl schopen pracovat sám, pravděpodobně mu pomáhali členové jeho rodiny a řemeslo se tak dědilo z otce na syna. Kromě zbraní a nástrojů kováři zhotovovali i ozdobné předměty (*Obr. II.*).



Obr. II. Kovářský výrobek z 8. Století [4]

V průběhu 9. století se většina kovářů zabývala výrobou pro zemědělce nebo výrobou zbraní. V jednotlivých kovárnách tak vznikla specializace, kde se vesniční kováři věnovali především zhotovování a údržbě zemědělského nářadí. Kováři ve městech se zabývali potřebami měšťanů, navíc se formovaly kovárny zabývající se pouze výrobou zbraní.

Ve druhé polovině 12. století se z kovářství začínají objevovat jednotlivé obory, jako bylo kotlářství, výroba střelných zbraní (*Obr. III.*), nožířství, atp.



Obr. III. Střelné zbraně z 15. Století [5, 6]

V 16. století stoupala i poptávka po kovářské umělecké práci, která se kromě mříží dostala i na drobnější předměty. Zařízení kovárny je zobrazeno na Obr. IV.



Obr. IV. Kovárna v 16. století [2]

Z důvodů množství práce byly v 16. století zkonstruovány stroje, které ulehčovaly fyzickou námahu a zrychlovaly kovářskou práci [7, 8].

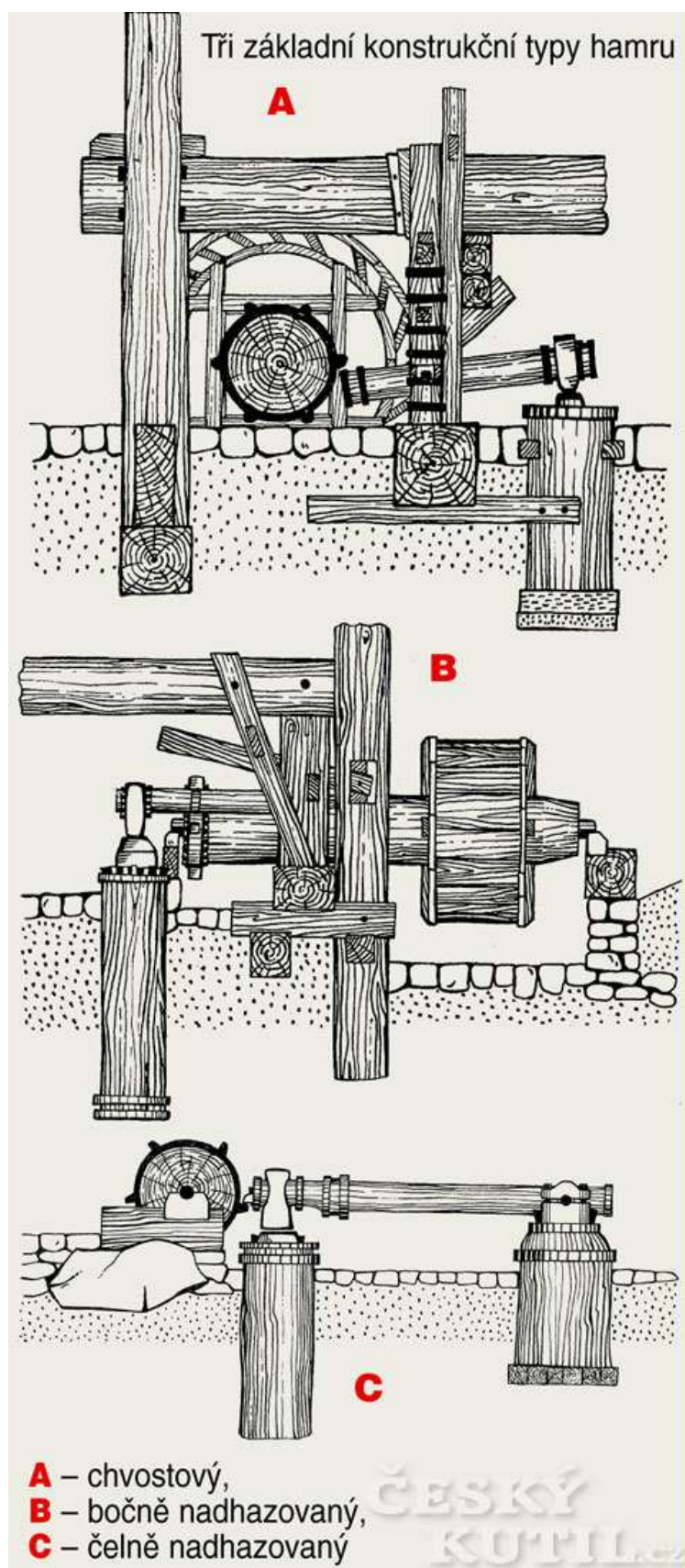
První mechanická kladiva (*Obr. VI.*) byla poháněna vodní silou, proto byly kovárny budovány poblíž řek a potoků. Takové kladivo, které mělo hmotnost 180 až 300 kg, upevněné na dřevěné páce, fungovalo na principu kruhoběžného padacího bucharu, zvaném “Hamr”.

U chvostového hamru je páka uprostřed opatřená čepem a zadní konec páky je stlačován dolů kolíky usazenými v otáčející se hřídeli vodního kola. Tím dojde ke zdvižení kladiva. Dalším otáčením je kolík z páky vysmeknut a kladivo dopadá vlastní vahou dolů. Počet úderů je 120 až 150 za minutu. Činnost stroje je zastavována tak, že páka je po zdvižení zajištěna v horní poloze.

Bočně nadhazovaný hamr (*Obr. V.*) je stejný, jen hřídel vodního kola je rovnoběžný s pákou kladiva. Páka je upevněná až na druhém konci. Kolíky ji zdvihají z boční strany asi v polovině páky, směrem nahoru.



Obr. V. Bočně nadhazovaný hamr [9]



Obr. VI. Tři základní konstrukční typy kováčského bucharu poháněného vodním kolem [9]

V roce 1809 přišel James Watt s patentem na pohon bucharu silou páry. První parní buchar (Obr. VII.) byl vynalezen v 1839 Jamesem Nasmythem a dál udával směr dalšího jeho vývoje.



Obr. VII. Parní buchar [10]

1.2. Technologie tváření kovů

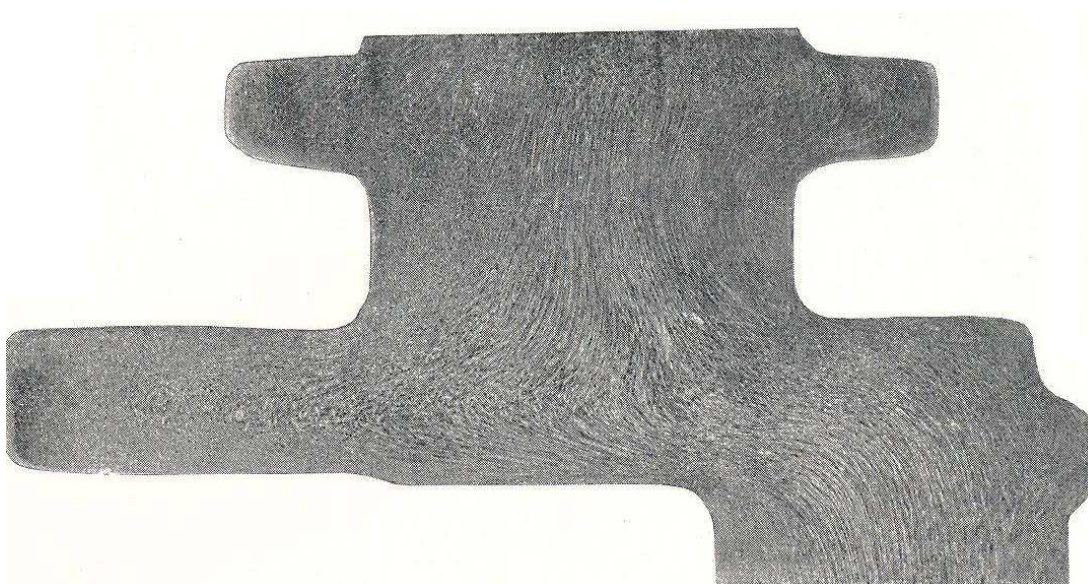
Tváření kovů patří k nejproduktivnějším oborům technologie. Tváření kovů je technologický (výrobní) proces, při kterém je docíleno požadované změny tvaru výrobku nebo polotovaru, případně vlastností, v důsledku působení vnějších sil bez odběru třísek. Výhodou tváření je velmi dobrá rozměrová přesnost výrobků. Využití materiálu je s nejmenším odpadem, při obrábění odpadá až 80%, kdežto při tváření jen asi 5% až 10%. Rovněž výkonnost strojního zařízení je velká, výrobní pochody lze velmi dobře mechanizovat, takže se snižují podstatně výrobní náklady. [11]

Podstatou tváření je vznik plastických deformací, které jsou dosaženy v okamžiku napětí na mezi kluzu pro daný materiál. Tento děj je provázen fyzikálními změnami a změnami struktury materiálu, což ovlivňuje mechanické vlastnosti materiálu. K tváření se hodí jen materiály, které mají dobrou tvárnost, čili schopnost změnit působením vnějších sil trvale svůj tvar, aniž by se porušila jeho soudružnost. Částice hmoty se jen trvale přemísťují.

Technologické tvářecí procesy je možné rozdělit podle teploty:

Tvářením **za studena** jsou kovy zpevňovány, zároveň roste tvrdost, ale klesá houževnatost. Teplota tváření je pod hodnotou 30 % teploty tání tvářeného materiálu. Zpracování není v celém průřezu zcela rovnoměrné, vznikají nebezpečná vnitřní napětí, která mohou porušit materiál.

Při tváření **za tepla** (*Obr. IX.*) se ohřevem zmenšuje pevnost materiálu, a tím je zvýšena jeho tvárnost. Teplota tváření je nad hodnotou 70 % teploty tání daného materiálu. Výhodou je, že dochází k odstranění trhlin, bublin, atd. Při tváření za tepla dochází k rozrušování primárních krystalů, nastává dynamická rekrytalizace. Ve struktuře vzniká vláknitá textura (*Obr. VIII*), neboť nekovové nečistoty - vměstky v povrchových vrstvách krystalů nepodléhají rekrytalizaci. Velká výhoda proti třískovému obrábění je, že se dalším tvářením neporušuje průběh vláken v materiálu. Při tváření za tepla se ale musí vždy pamatovat na správný směr vláken a tím je zachována větší pevnost. Vláknitost má vliv na anizotropii vlastností (mechanické vlastnosti, tažnost).

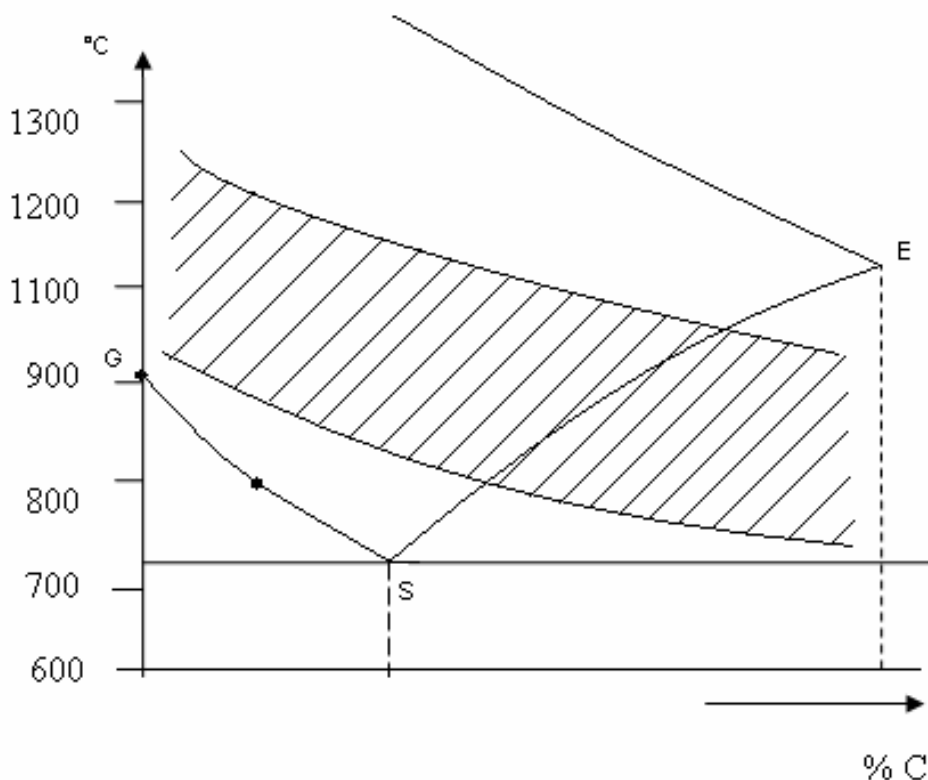


Obr. VIII. Příklad vláknité textury [12]

Každým ohřevem je povrch ohřívaného materiálu přeměněn na oxidy. Oxidovaný povrch materiálu je při tváření odlupován v šupinkách, kterým

říkáme okuje a vznikají tak ztráty opalem (při jednom ohřevu činí asi 3% až 5%).

Tváření **za poloohřevu** představuje kompromis mezi tvářením za studena a za tepla. Důvodem je snížení přetvárných odporů oproti tváření za studena, dosažení zlepšení mechanických a fyzikálních vlastností, přesnosti a jakosti povrchu.

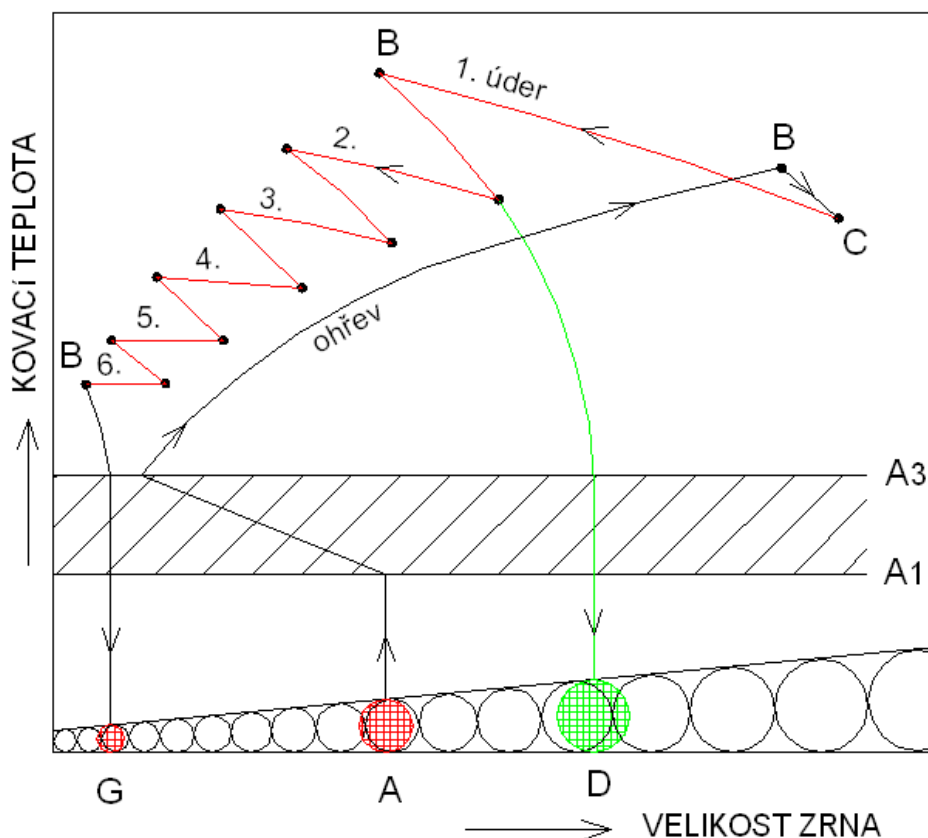


Obr. IX. Oblast tvářecích teplot ocelí [13]

Jednou z mnoha procesů zpracování kovu tvářením je technologie kování.

1.3. Kování

Kování je objemové tváření kovů, při kterém deformace nastává ve směru všech tří os souřadného systému, působením rázů za tepla. U výkovku je docilováno zlepšení mechanických a fyzikálních vlastností díky příznivé makrostruktuře a výhodné mikrostruktuře (Obr. X.). Dochází k odstranění nestejnorodé hrubé lící struktury a metalurgických vad u ingotů. Čím větší je stupeň prokování, tím je menší zrna a tak lze docílit lepších vlastností výkovků.



Obr. X. Kovací diagram [14]

Kováním je zpracováváno pouze cca 5 % celkové výroby oceli, bez výkovků si však nelze představit současnou výrobu veškerého strojírenství. Výrobky vzniklé kováním jsou nazývány výkovky. Hmotnost výkovků je v rozmezí od desítek gramů (zápustkově kované součásti strojů) až po 600t (volně kované rotory turbín).

Základní rozdělení kování je na ruční a strojní:

Ruční kování

Energie potřebná k přetvoření materiálu je vyvozena lidskou silou. Vlastní vytváření výrobku stojí na několika základních technikách a jejich vzájemné kombinaci, tyto techniky jsou v kovářství známy velmi dlouhou dobu. Samozřejmě záleží především na zručnosti kováře, jak dovede jednotlivé techniky kombinovat a jak precizně je zvládne. Některé z těchto technik vyžadují značnou fyzickou sílu a jsou poměrně namáhavé, u některých je nutností práce dvou lidí (kováře a pomocníka).

Kovářské nástroje pro ruční kování (*Obr. XI.*): kovadlina - střední kovářská kovadlina váží přibližně 140 kg; kladiva – jednoruční (0,75 až 2 kg), dvouruční přitloukací (3 až 10 kg), dvouruční příčné (nos rovnoběžný s násadou), perlík (přitloukací plocha na obou stranách, 4 až 5 kg); kleště – s čelistmi pro materiál čtvercového nebo plochého profilu, s rovnými čelistmi (výhňové kleště), se zahnutými čelistmi, pro kulatinu, pěchovací; pomocné nástroje – osazovací a hladící kladiva, sekáče a průbojníky, jednoduché zápustky. [15, 16]



Obr. XI. Kovárna pro ruční kování [17]

Strojní kování

Pro účel strojního kování bylo použito strojní zařízení - buchary a lisy.

Podle způsobu tváření rozlišujeme na volné a zápustkové kování:

Volné kování

Při volném kování jsou pomocí jednoduchých univerzálních nástrojů ručně, nebo na lisech a bucharech zhotovovány tvarově jednoduché součástky ve tvaru tyčí a hřídelí, kostky, kotouče, kroužky (*Obr. XII.*) nebo jiné tvary.

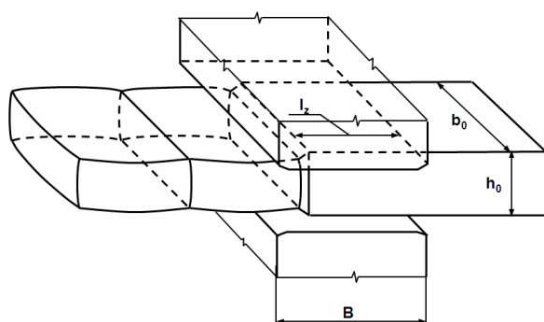


Obr. XII. Volné výkovky [18]

Povrch výkovků bývá nerovný, s velkými přídavky na opracování. Pro kusovou a malosériovou výrobu.

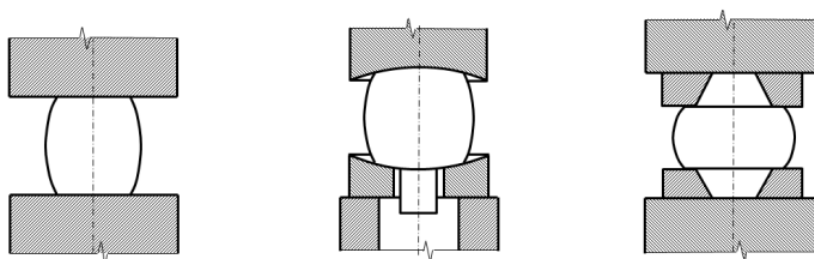
Do volného kování patří [19, 20, 21] :

Prodlužování (Obr. XIII.) – účelem je prodloužení polotovaru za současného zmenšování příčného průřezu.



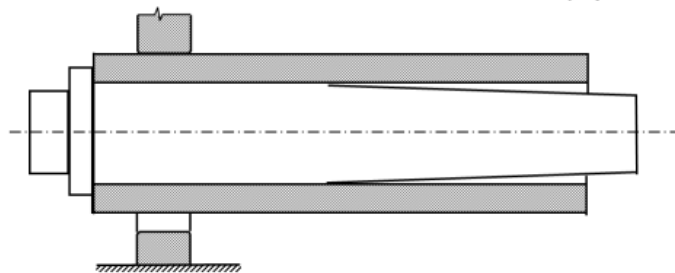
Obr. XIII. Prodlužování [12]

Pěchování (Obr. XIV.) – materiál je stlačován ve směru osy, rozšiřuje se průřez na úkor délky. Používá se pro kování rotačních výkovků.



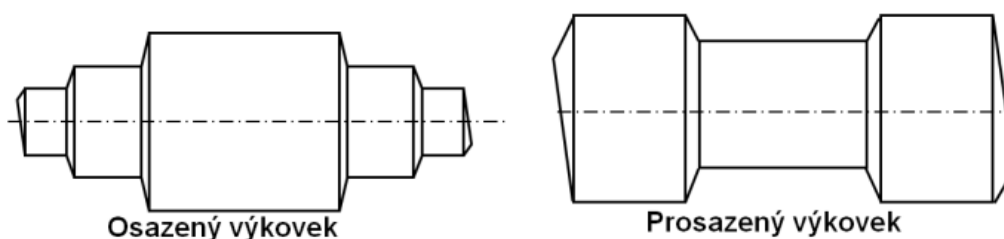
Obr. XIV. Základní způsoby pěchování [12]

Kování na trnu (Obr. XV.) – je používáno k rozšiřování a prodlužování průměru kroužku na úkor jeho tloušťky.



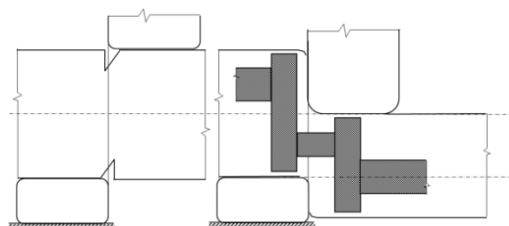
Obr. XV. Prodlužování na trnu [12]

Osazování a prosazování (Obr. XVI.) – je v podstatě zmenšování resp. zvětšování průřezu u osazovaných hřídelů při zachování souososti všech jeho částí.



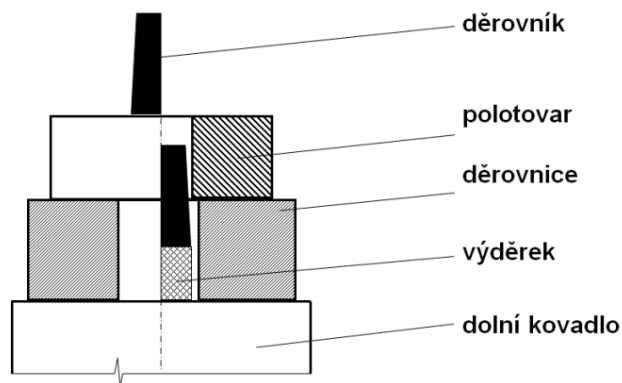
Obr. XVI. Osazování, prosazování [12]

Přesazování (Obr. XVII.) - příčné přemístění vymezeného objemu výkovku, přičemž podélná osa vzniklého přesazení je rovnoběžná s podélnou osou zbývajících částí.



Obr. XVII. Přesazování [12]

Děrování (Obr. XVIII.) – operace, při kterých vznikají průchozí nebo neprůchozí díry v tvářeném kusu.



Obr. XVIII. Děrování [12]

Ohýbání – umožňuje zakřivit podélnou osu výkovku, čímž se mění i jeho průřezný tvar.

K uchopení a pohybu bloků a výkovku jsou používány kleště, svěráky, otáčecí páky, jeřáby, otáčecí zařízení, podavadla dílců, manipulátory (Obr. XIX). aj.



Obr. XIX. Volné kování za použití manipulátoru [22]

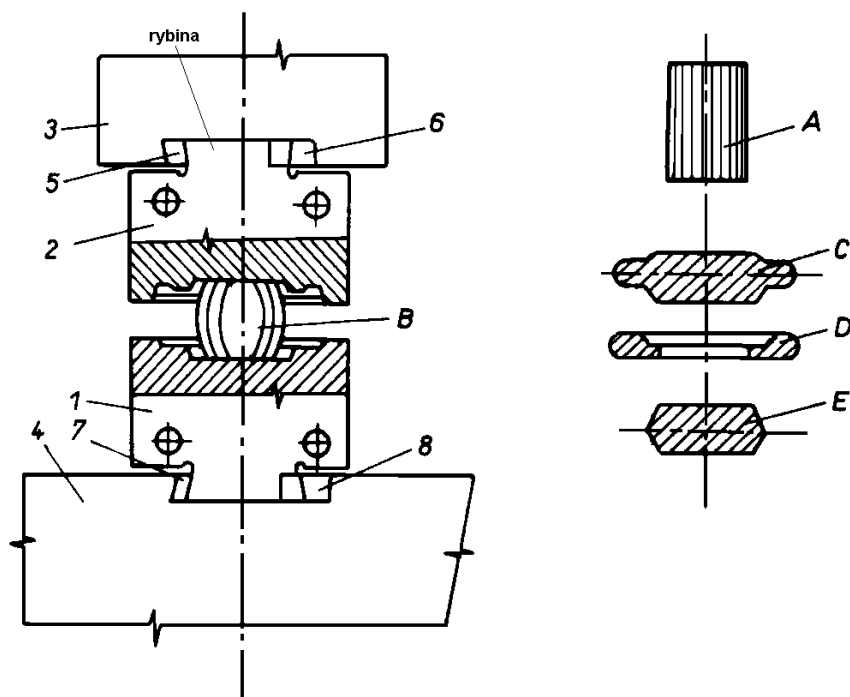
Zápustkové kování

Zápustkové kování je používáno k výrobě velkého počtu tvarově stejných, i složitých, součástí (Obr. XX.) s vysokou rozměrovou přesností, dobrým povrchem z ocelí nebo jiných tvárných slitin.



Obr. XX. Zápustkové výkovky [23]

Zápustka (Obr. XXI.) je většinou dvoudílný nástroj. Hlavní předností zápustkového kování je vysoká výkonnost a snadná obsluha. Výkovky mají však omezené rozměry a hmotnost. U zápustkového kování dochází k vyplnění dutiny zápustky, čímž získá kovaný materiál požadovaný tvar. Horní část zápustky je upnuta k pohybujícímu se beranu bucharu, dolní část zápustky je upnuta na stole bucharu. Kování je realizováno v otevřené a uzavřené zápustce.

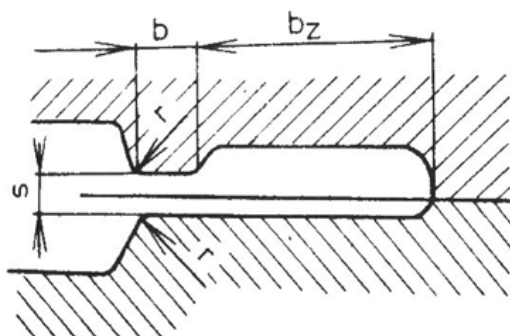


Obr. XXI. Kovací zápustka bucharu [14]

1 – spodní díl zápustky, 2 – vrchní díl zápustky, 3 – beran bucharu, 4 – šabota, 5,7 – klín, 6,8 – pero

A – výchozí polotovár, B – polotovár při kování, C – výkovek, D – odstřižený výronek, E – hotový výkovek

Otevřená zápustka používaná pro buchary je doplněna drážkou pro výronek (*Obr. XXII.*), která je po obvodě dutiny v dělicí rovině zápustky. Drážka je zaplňována přebytkem materiálu. Obě poloviny zápustky pak mohou dosednout a dodrží se správný rozměr výkovku. Výronek, který vznikne při počátečních úderech, zabraňuje částečně unikání dalšího materiálu z dutiny zápustky, a tím je materiál donucen dokonale vyplnit dutinu.



Obr. XXII. Uzavřená výronková drážka pro buchar [14]

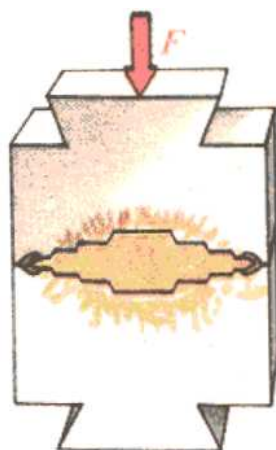
b – šířka můstku, b_z – šířka zásobníku, s – výška můstku, r – poloměr zaoblení

Uzavřená zápustka nemá výronkovou drážku a kování v ní je velmi náročné, protože musí být přesně stanoven objem polotovaru, aby vyplnil zápustku.

1.4. Rozdíl mezi prací na bucharu a na lisu

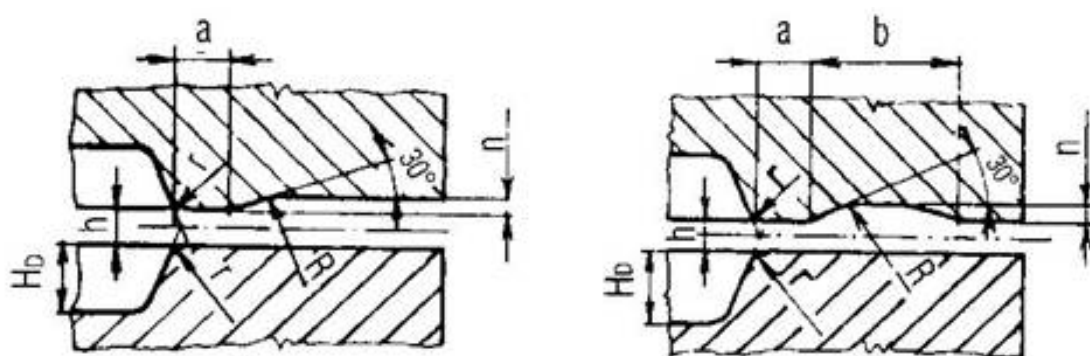
Při kování na bucharech jsou síly 1,8 až 3 - násobně vyšší než síly při tváření na lisech (*Obr. XXV.*), proto dochází ke snižování životnosti nástrojů. Práce na bucharu není vykonána stlačením náraz jako na lisu, ale přerušovaně, protože rázová práce bucharu obvykle nestačí na tváření výkovku jedním úderem. Užitečné zatížení bucharu při rázu neohraničuje žádná jmenovitá síla jako při práci na lisu, ale je závislá pouze na deformačním odporu výkovku. Teoreticky je možné na bucharu vyrábět výkovky libovolných rozměrů, které lze umístit do pracovního prostoru. Další specifikou kování na bucharu je, že materiál výkovku lépe zatéká, především

ve směru rázů, do dutiny zápustky než na lisu, proto je vhodné buchary používat pro výkovky, které jsou složitějších tvarů a výškově členité. Rozdíl je i v upnutí zápustky na kovací stroj a ve tvaru výronkové drážky otevřené zápustky. Rázy při kování upevnění zápustek povolují, a proto je u bucharů opatřena zápustka rybinou (Obr. XXIII.) a je upnuta pomocí pera a klínu.



Obr. XXIII. Otevřená jednodutinová zápustka pro buchar opatřená rybinou pro upnutí [14]

Na lisech jsou zápustky upínány pomocí stopek, šroubů a příložek. Výronková drážka v dokončovací dutině pro lis (Obr. XXIV.) je oproti bucharům otevřená, horní část zápustky má u lisu přesně určenou dolní polohu, čela zápustek na sebe nedosedají.



Obr. XXIV. Otevřená výronková drážka pro lis [21]

Na lisech je možno použít vyhazovačů, proto výkovky mohou mít menší úkosity. V porovnání s lisy jsou buchary univerzálnější, dají se na nich dělat i pomocné operace a jsou výhodnější ve výrobě s malými sériemi. [24]



Obr. XXV. Hydraulický kovací lis [25]

2. Teoretická část

Buchary jsou tvářecí stroje, které zpracovávají materiál úderem (rázem), při rychlosti nástroje větší než 4 m/s a rychlosti tvářeného tělesa 0,04 až 0,16 m³/s. Buchary jsou označovány jako tvářecí stroje energetické. Pracovní části bucharu, nesoucí kovádla nebo zápustky, pohání stlačený vzduch, pára, plyn, kapalina nebo jiný mechanismus.

Přetvárná práce tj. práce k překonání přetvárného odporu je získána přeměnou kinetické energie nahromaděné v padacích částech stroje (padací nebo urychlený beran a všechny hmoty s ním pevně spojené), který působí na tvářený materiál, uložený na šabotě (stůl).

Deformace materiálu začíná při nejvyšší rychlosti beranu a na konci přetvoření je rychlost uvažována nulová. Charakter změny od nejvyšší rychlosti do nuly je v závislosti na kinematické vazbě stroje. Čas připadající na deformaci na jeden úder je pouze několik tisíciny sekundy.

Na deformaci kovaného materiálu v čase jednoho úderu se nevyužije užitečně veškerá kinetická energie. **Ráz** je složen ze dvou fází. První fáze je **zatěžující**, při které jsou kovádla nebo zápustky přibližovány k sobě a pružně i plasticky deformují kovaný materiál. Na konci této fáze je deformace kovaného materiálu největší. Kinetická energie nahromaděná v pohybujících se částech je měněna na energii plastické deformace a energii pružné deformace

kovaného materiálu a pohybujících se částí a částečně zůstane ve formě kinetické energie soustavy. Energie plastické deformace je měněna na užitečnou práci. Energie pružné deformace na konci první fáze úderu a energie pohybujících se částí vytváří podmínky pro druhou – odlehčující fázi úderu. V průběhu této fáze je energie pružné deformace a kinetické energie soustavy přeměněna na energii odrazu. Velikost energie odrazu závisí na podmínkách rázu a pružných vlastností materiálu. Čím je menší kinetická energie soustavy, která zůstala na konci první fáze úderu, tím je tvrdší úder, a tím rychlejší prokování výkovku, hlavně s tenkými žebry a stěnami.

Účinnost úderu závisí i na vzájemném poměru hmotností pohybujících se částí a šaboty. Pro buchary na volné kování má být poměr $m_2/m_1 = 10$ až 15 a na zápusťkové kování $m_2/m_1 = 20$ až 25.

kde je:

m_1 – hmotnost pohybujících se částí

m_2 – hmotnost šaboty

Dopadová rychlost nástroje ovlivňuje deformační rychlost tvářeného materiálu a se zvyšováním deformační rychlosti tváření roste i přetvárný odpor tvářeného materiálu. Je to jev, který z energetického hlediska záporně ovlivňuje tvářicí proces. Rychlým přetvořením tvářeného materiálu vzniká také tzv. tepelný efekt. Část energie dodané bucharem v čase tvářicího procesu je přeměněna na teplo. Teplo z tvářeného materiálu není dostatečně rychle odvedené do okolí, a tak je zvyšována teplota materiálu. Tepelný efekt při určitých rychlostech tváření vyvažuje negativní vliv přetvárného odporu, který stoupá se zvyšujícími se rychlostmi tváření. Optimum tvářicí rychlosti, při které převládá kladný vliv tepelného efektu nad záporným vlivem přetvárného odporu je 10 až 30 m/s. Při nižších rychlostech se ještě tepelný efekt neprojeví. Při vyšších rychlostech převládá negativní účinek přetvárného odporu. [24]

2.1. Základní části bucharů (Obr. XXVI.)

Základ bucharu zachycuje energii, která se nespotřebovala na deformaci tvářeného materiálu. Hmotnost bývá přibližně 80 až 120 krát větší než hmotnost beranu.

Hmotnost základu vyjádřen rovnicí (1.1) :

$$m_z = 75 * m_b * (v_0/v_s)^2 \quad (1.1)$$

kde je:

m_b – hmotnost beranu

v_0 – úderová rychlost beranu [m/s]

v_s – srovnávací rychlost $v_s = 5,6$ m/s

Pro buchary s váhou beranu větší než 1 t jsou dělány z betonu značky aspoň 110 nebo ocel-betonu, pro menší buchary z betonu značky 90. Kmity od chvění základu jsou nebezpečné pro budovu, snižují životnost bucharu i okolních strojů, a proto se musí odstranit. Kmity je nejjednodušší odstranit odpružením betonového bloku pomocí pružin, dřeva, gumy, korku aj. Nejčastěji jsou jako tlumící izolátory používány ocelové pružiny. Důležitou roli v pohlcování kmitů má i zemina, ve které je blok základu uložen. Nejlépe kmity tlumí sypká zemina, vlhký základ a kamenitý podklad mohou šířit kmity na velké vzdálenosti a proto nejsou vhodné. Odpružení základu se dá uspořádat dvěma způsoby – základový blok je přímo posazen na pružinových elementech nebo je zavěšen na táhlech ze zušlechtěné oceli (táhlo prochází izolátorem a nosným průvlakem, na horní části má táhlo závit pro matici a na konci je kotva). Je důležité, aby odpružená soustava nebyla s okolím nijak pevně spojena, tzn. že všechny elektrické přívody, přívody vzduchu, páry nebo kapalin musí být ke stroji připojeny pružným mezičlánkem.

Šabota je spodní část bucharu, na níž je umístěno spodní kovadlo nebo spodní část zápusťky. U menších bucharů má šabota minimálně 8x větší hmotnost než beran a mívá osmihranný tvar průřezu nad základovou deskou. U větších bucharů je hmotnostní poměr beranu vůči šabotě až 1 : 50 a má

čtvercový průřez. Šabota musí mít tak velkou dosedací plochu na základ, aby měrný tlak nepřekročil dovolenou hodnotu.

Vedení beranu je používáno jedno a více rybinové nebo prismatické. Přestavováním vodících lišt lze upravovat vůli ve vedení.

Stojan bucharu může být vertikální nebo horizontální. Stojan je základ pro připevnění ostatních mechanismů bucharu. Stojany mohou být jednostojinové, dvoustojinové a rámové. Jednostojinový buchar dovoluje pracovníkovi při volném kování přístup ze tří stran, je to však na úkor menší tuhosti – vzniká ohybové napětí. Má tvar písmene C, u menších bucharů se vyrábí jako jeden kus, není spojen se šabotou. Dvoustojinové buchary jsou používány už i pro zápusťkové kování, dvě stojiny jsou upevněny na ocelové desce a spojeny příčnickem. Rámové stojany mají největší tuhost. Stojany bucharu jsou vyráběny jako odlitek nebo jako svarek, u větších bucharů jsou dělené a stažené spojovacími šrouby. [26]



Obr. XXVI. Části bucharu [27]

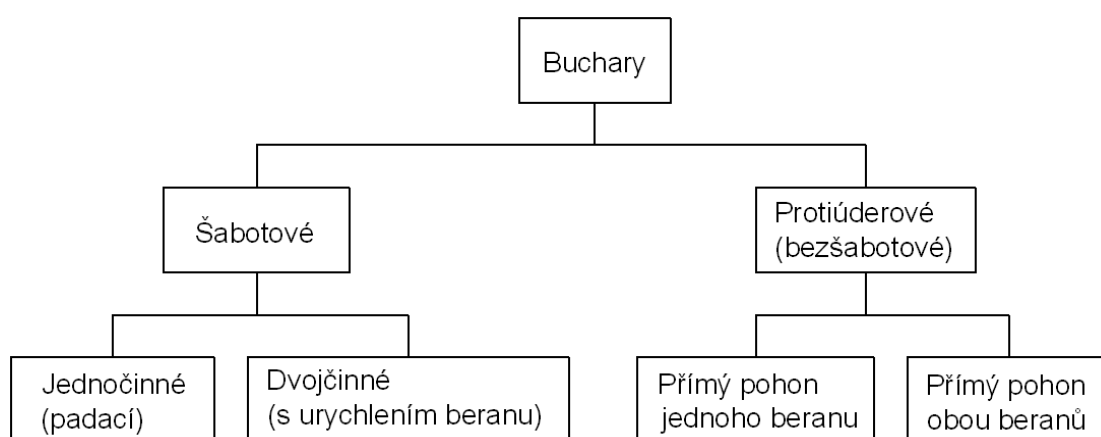
1 – základ, 2 – šabota, 3 – vedení beranu, 4 – stojan, 5 - beran

3. Rozdělení bucharů

Buchary se třídí na jednočinné a dvojčinné.

- a) Jednočinné jsou nazývány také padací, protože pracují s volně padajícím beranem, pohon bucharů je v činnosti pouze v jedné fázi pracovního cyklu, tedy při zvedání bucharu. Energie rázu pohyblivých částí je využívána na přetvoření výkovku. Pohyblivé části jsou do horní polohy zdvihány párou, vzduchem, kapalinou, plynem nebo elektromotorem. Mezi jednočinné buchary patří některé parovzdušné, hydraulické a část mechanických bucharů.
- b) U dvojčinných bucharů je pohon v činnosti během obou pracovních fází, kdy při spouštění je beran urychlen přídavnou silou, čím je docilováno větších dopadových rychlostí. Hmotnost beranu je při pohybu dolů urychlována energií páry, vzduchu, plynu, elektrickou energií nebo pružinou. Proto je energie rázu větší než energie u jednočinných bucharů se stejnou hmotností a zdvihem pohyblivých částí. K dvojčinným bucharům patří část parovzdušných, pneumatických, mechanických, hydraulických a všechny plynové vysokorychlostní buchary.

Tab. 1. Třídění bucharů podle způsobu přenosu energie



Podskupina bucharů je tvořena **podle druhu šaboty**:

- a) Šabotové buchary mohou mít šabotu uloženou v základě stroje pevně spojenou se stojinami (pro zápusťkové kování) nebo nezávisle ke stojinám pro vedení beranu (pro volné kování). Energie rázu je přenášena i na okolí, proto jsou velmi hlučné a na pracovišti vznikají otřesy. Buchary s odpruženou šabotou tlumí otřesy díky pružné izolaci, která je vkládána mezi základ bucharu a šabotu.
- b) U protiúderových bucharů je stůl nahrazen spodním beranem, který se současně pohybuje proti hornímu beranu a tím je docíleno, že pracují bez šabotových ztrát. Při práci se berany pohybují proti sobě a nabývají určitou kinetickou energii. Když je hybnost šaboty a pohybujících se částí stejná, tak ráz není přenášen na základ.

Podle dopadové rychlosti beranu lze rozlišit:

- a) buchary pracující s běžnou rychlostí ($v = 4$ až 8 m/s) – lze docílit i volně padajícím beranem. Volnému pádu beranu z výšky 1 až 2 m odpovídá přibližně dopadová rychlost 4,5 až 6 m/s
- b) buchary pracující se zvýšenou rychlostí ($v = 20$ až 60 m/s, i více).

Třídění bucharů **podle konstrukčního uspořádání**:

- a) jedno stojanové b) dvou stojanové c) mostové

Konstrukce stojanů bucharů je přizpůsobována zdroji kinetické energie a technologii, pro kterou je buchar určený. Rozměry bucharu závisí na rozměrech kovaných výrobků, velikosti hmotnosti pohyblivých částí a jejich kinetickou energií.

Třídění **podle technologického tvářecího pochodu**:

- a) pro zápusťkové kování – padací, dvojčinné a protiúderové buchary
- b) pro volné kování – již jen dvojčinné buchary, např. pružinové, pneumatické, parní nebo vzduchové

Buchary pro zápusťkové kování se od bucharů pro volné kování konstrukčně v základě neodlišují, rozdíl je v provedení a ve způsobu práce.

Podle druhu použitého ústrojí přenosu energie k pohonu beranu lze buchary rozdělit do skupin:

1. **mechanické** – a) pružinové

b) padací (třecí) – deskové, řemenové, lanové, řetězové aj.

2. **hydraulické**

3. **plynové** – pneumatické a parní

4. **elektromagnetické**

5. **kombinované** – využívající k přenosu energie kombinace předchozích skupin, například pneumohydraulické, parovzdušné aj.

[26, 28]

3.1. Buchary mechanické

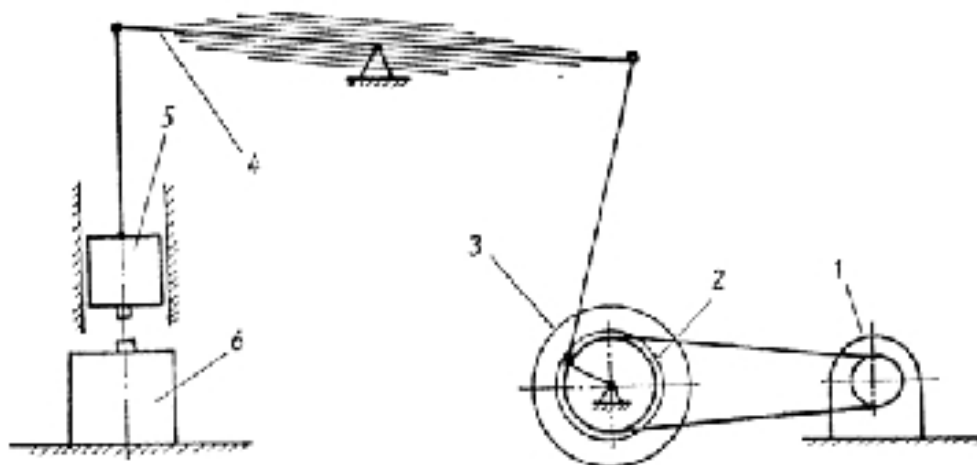
Energie z elektromotoru je přenášena mechanickými přenosovými mechanismy, jsou složeny z třecích, ohybných a pružných spojení. Do skupiny mechanických bucharů patří pružinové, deskové padací, řemenové padací, řetězové a lanové buchary. Nejčastěji k vidění jsou v této skupině pružinové a padací buchary. U padacích bucharů lze nastavit výšku zdvihu a velikost jednotlivých úderů pouze, když stroj není v chodu.

3.1.1. Pružinové buchary

Jde o pohon s akumulátorem energie, v tomto případě pružinou. Pružinové buchary (*Obr. XXIX.*) jsou konstrukčně jednoduché tvářecí stroje a jejich údržba i obsluha je snadná. Vyrábí se s hmotností beranu od 15 do 110 kg. V praxi jsou pružinové buchary nejvíce využívány pro volné kování, popř. pro jednoduché zápustkové kování. Stojan má tvar písmena C (*Obr. XXVIII.*), takže obsluha může pracovat ze tří stran. U nás mají pružinové buchary označení KAP, číslo udávané dále značí hmotnost beranu (40, 70, 110). Své uplatnění najdou pružinové buchary především v malých kovárnách. Velký počet zdvihů za minutu umožňuje vykovat výkovek na jeden ohřev.

Tyto buchary jsou poháněny klikovým mechanismem (*Obr. XXVII.*). Dvouramenná páka je odpružená pomocí svazku listových pružin, čímž je zvětšována rychlost beranu a tím i rázová energie. Ojnice je na pružinovém bucharu o něco kratší, proto při zdvihání beranu do horní úvratě dojde

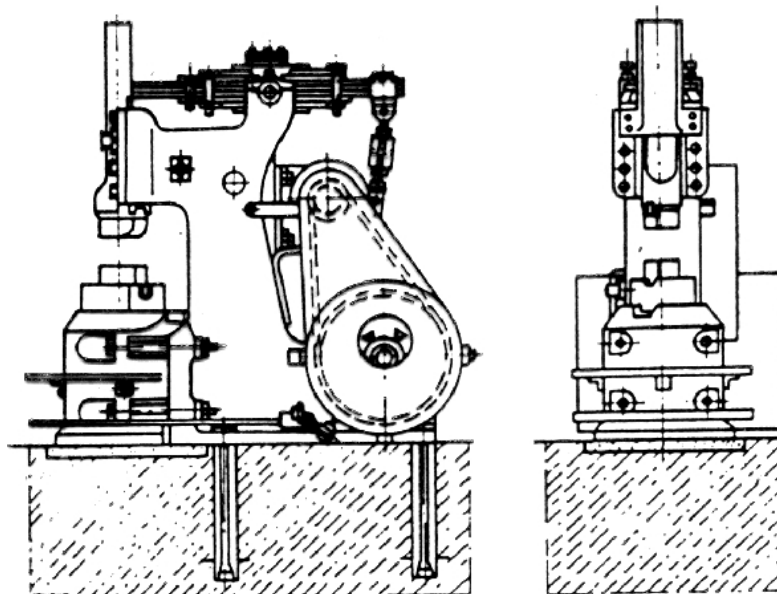
k pružné deformaci pružiny, čímž je v ní naakumulována určitá potenciální energie. Ta je pak přeměněna při pracovním zdvihu na kinetickou energii (důsledek zákona zachování energie) a je připočtena k energii padajících hmot. Proto nemusí mít berany velkou hmotnost. Rázovou práci měníme regulací otáček kliky, velký počet úderů za minutu, lze pouze s prudkými údery beranu, lehké údery jdou pomalu za sebou. Změna otáček je nejvýhodnější plynulá, ale otáčky lze měnit i přesmyknutím řemenu na řemenici, nebo přitlačnou silou na třecí spojce. Velikost zdvihu beranu je nastavována pomocí excentru, který je na setrvačnicku. Úderová práce je také závislá na vlastnostech listové pružiny, ta se může zatěžovat jen určitými otáčkami kliky, aby se nepoškodila. Tím je ohraničený maximální počet zdvihů beranu.



Obr. XXVII. Schéma pohonu pružinového bucharu [28]

1 – elektromotor, 2 – třecí spojka, 3 – setrvačnick, 4 – dvouramenná odpružená páka, 5 – beran, 6 – šabota

Při pohybu kliky do dolní polohy rychlost beranu klesá k nule, zrychlení roste k maximu. Beran se pohybuje vzhůru a prohne pružinu silou, která je úměrná rozdílu zrychlení jeho hmoty a tíhovému zrychlení. Při pohybu kliky nahoru vznikne nejprve zpoždění hmoty, které je vyrovnáno napětím pružiny. Při dalším pohybu kliky vzhůru je urychlena hmota beranu a po překročení hodnoty tíhovému zrychlení ohne pružinu dolů. Beran se proto pohybuje dolů asi dvakrát větší rychlostí, než kdyby dvouramenná páka byla tuhá. [26]



Obr. XXVIII. Buchar pružinový s řemenovým pohonem [29]



Obr. XXIX. Pružinový buchar [30]

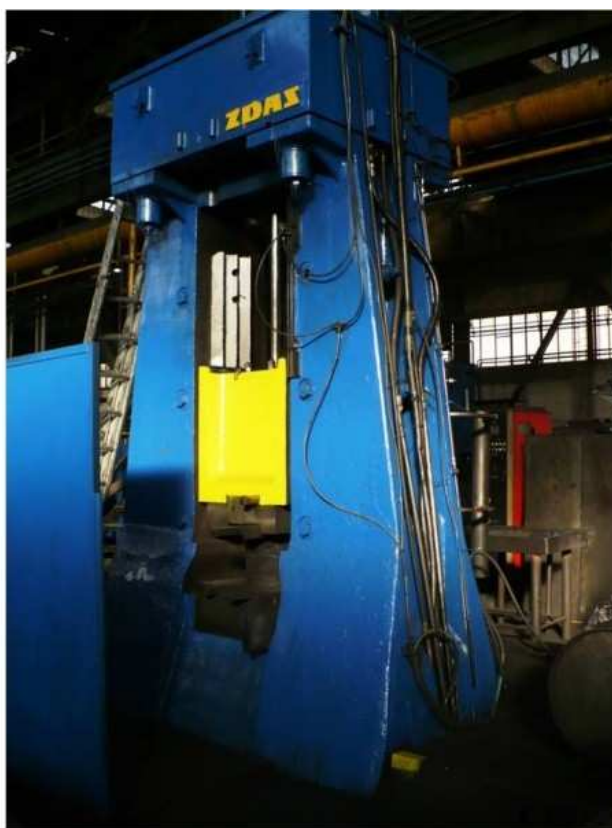
3.1.2. Padací buchary

Princip u těchto bucharů spočívá v tom, že beran je zvednut do určité výšky, pak je uvolněn a vlastní tíhou dopadne na tvářený materiál. V horní poloze má beran a ostatní padající části určitou potenciální energii, která je po spuštění dolů proměněna na kinetickou energii, která je využita na užitečnou

práci kování. Padací buchary (Obr. XXX.) jsou rozděleny na řemenové, řetězové a deskové. Hmotnost beranu může být až 2500 kg, zdvih 1600 mm. Nejvíce byl tento typ bucharů používán v minulosti pro jejich jednoduchou konstrukci, malé nároky na údržbu a nízkou cenu, nyní se už kromě hydraulických nevyrábí.

Tab. II. Účinnost padacích bucharů [31]

Hmotnost beranu [kg]	3500	3000	2000	1000	700	40
Výška pádu [m]	2,5	3,35	2	3,2	3,1	2,9
Účinnost η_0	0,82	0,75	0,86	0,5	0,5	0,68

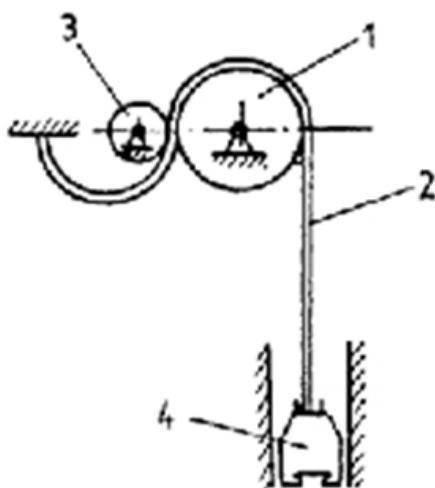


Obr. XXX. Padací hydraulický buchar KPH 2000 - pro přesné zápusťkové kování (výkovky do hmotnosti 3 kg), kalibrování, rovnání a volné kování [32]

Důležité parametry bucharu:
 hmotnost beranu 2 000 kg
 hmotnost bucharu 51 500 kg
 největší zdvih 1 000 mm
 počet využitelných úderů 25 za min.

3.1.2.1. Řemenové padací buchary

U řemenových bucharů (*Obr. XXXII.*) je beran zvedán do zdvihu pomocí řemenu. Když elektromotorem poháněná řemenice unáší kladkou přitlačovaný řemen, jedná se o třecí pohon (*Obr. XXXI.*) Uvolněním napínací kladky je spuštěn beran.



Obr. XXXI. Schéma pohonu padacího bucharu [28]

1 – řemenice, 2 – řemen, 3 – přítlačná kladka, 4 – beran



Obr. XXXII. Řemenový padací buchar [33]

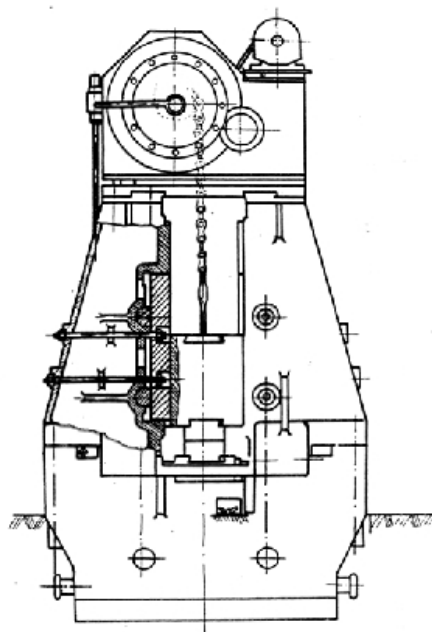
Tab. III. Technické údaje řemenového padacího bucharu [33]

Hmotnost beranu [kg]	300	500	750	1000	1250	300	500	750	1000	1250
Max. zdvih [mm]	1450	1565	1630	1700	1700	1450	1565	1630	1700	1700
Počet úderů [min ⁻¹]	95	90	82	75	75	95	90	82	75	75

Jako druhá varianta je používán natáčecí pohon, zde je řemen natáčen na volnou řemenici, která po uvolnění spustí beran.

3.1.2.2. Řetězové padací buchary

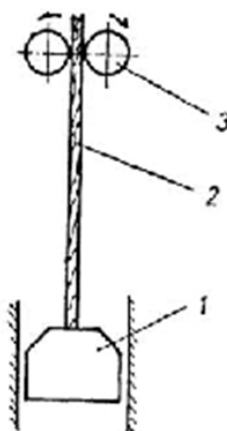
Řetězové padací buchary (*Obr. XXXIII.*) mají velký rozsah použití, vhodné jsou především pro kování vícedutinových zápustek. Příímý elektrický pohon zajišťuje zvedání beranu ihned po zapnutí motoru, nebo je elektropneumaticky ovládána v pohonu jednokotoučová třecí spojka. Tyto buchary pracují s 45 až 100 úderů za minutu, při plném zdvihu kolem 55 úderů za minutu, jejich účinnost bývá až 55%, největší úderová práce dosahuje hodnot asi 100 kJ, dopadová rychlost je do 5 m/s. Proti řemenovým padacím bucharům *Obr. XXX.* má výhodu v delší životnosti, protože řetěz je s beranem spojen pružně pomocí gumového tlumiče, který je v beranu uložen pohyblivě a tím eliminuje možnost poškození písní tyče. Řetěz je proti poškození chráněn trhací spojkou, která je spojená s gumovým tlumičem. Buchar je ovládán pomocí nožního šlapadla a koncových vypínačů. [34]



Obr. XXXIII. Buchar padací řetězový [29]

3.1.2.3. Deskové padací buchary

Beran je u deskových bucharů zvedán dvěma nebo čtyřmi kladkami, které mezi sebou svírají jednu až tři dřevěné desky. Zdvihová kladka je uložena na pevno a přitlačná je k desce přitlačována pákovým mechanismem ovládaným beranem. Přes řemenový převod jsou poháněny dvěma elektromotory. Při otáčení přitlačných kladek ve směru znázorněném na Obr. XXXIV. je deska spojená s beranem díky třecím silám zdvihána do horní polohy.

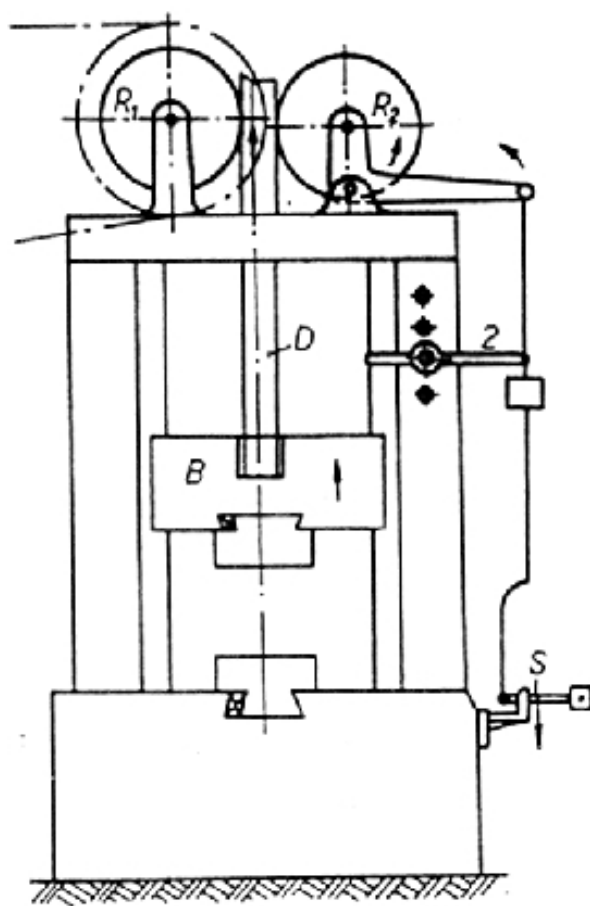


Obr. XXXIV. Jednoduché schéma pohonu padacího deskového bucharu [28]

1 – beran, 2 – deska, 3 – přitlačné válce

Obvodová rychlost třecích kladek je v rozsahu od 1,5 do 2,5 m/s. Po uvolnění přitlačných kladek padá beran s deskou na tvářený materiál a vykonává pracovní zdvih.

Deskové padací buchary (Obr. XXXV.) mají regulovatelný zdvih beranu až 1500 mm a hmotnost beranu v rozmezí 500 až 2500 kg. Počet zdvihů je v rozsahu 35 (plný zdvih) až 70 zdvihů za minutu. Desky jsou vyráběny z impregnovaného dřeva ze smrku, dubu, jasanu a v poslední době jsou na tyto buchary používány syntetické dřevovláknité desky. Velkou nevýhodou je opotřebení desky a další, že vlivem excentrického uložení kladek vzniká ohybový moment při přitlačování.



Obr. XXXV. Buchar padací deskový [29]

Hospodárnost deskových padacích bucharů je posuzována podle spotřeby desek. Ovládány jsou elektro-hydraulicky nebo elektro-pneumaticky.

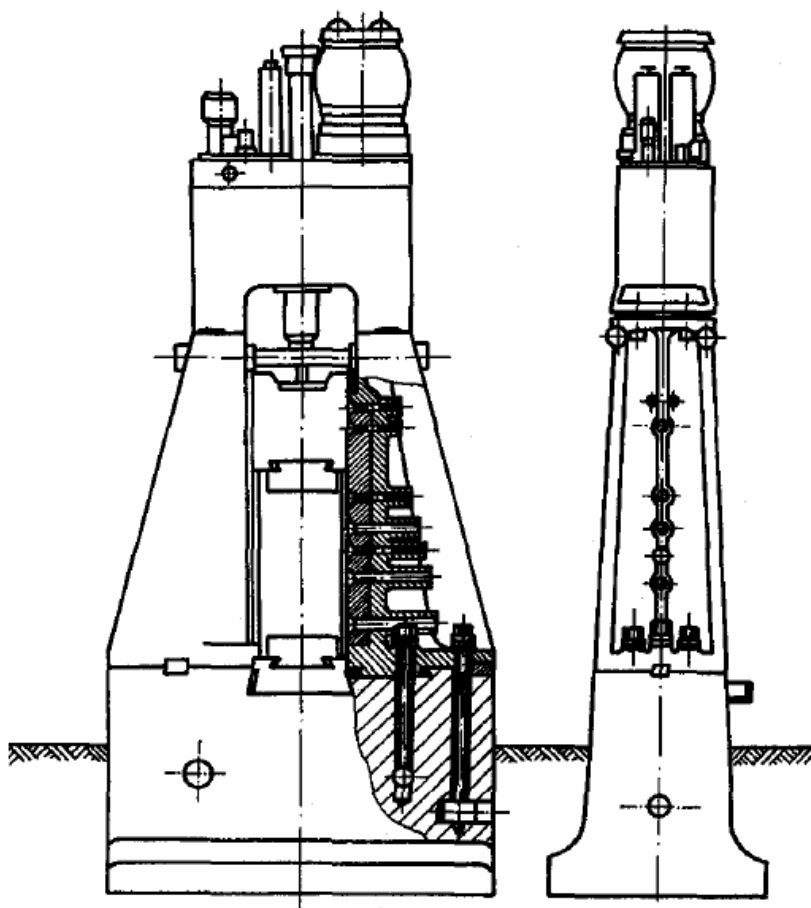
3.2. Buchary hydraulické

Nositelem energie je kapalina, a to minerální nebo syntetický olej. Kapalina pod tlakem působí na pracovní píst, na jehož pístnici je upevněn beran a tlaková energie kapaliny je přeměněna na kinetickou energii beranu. Hydraulické buchary jsou jednočinné nebo dvojčinné.

3.2.1. Jednočinné hydraulické buchary

Hydraulickým čerpadlovým pohonem je zvedán beran do horní úvratí, dolů již padá vlastní váhou bez urychlení podobně jako u mechanických jednočinných padacích bucharů. Tyto buchary (*Obr. XXXVI.*) jsou vyráběny s hmotností beranu od 500 do 3700 kg, což vyvolá energii dopadu 8 až 50 kJ. Pracují se zdvihem v rozpětí od 0,6 do 1,35 m, velikostí zdvihu je regulována energie rázu. Jsou používány k zápusťkovému kování, podle hmotnosti pohyblivých částí pracují s 40 až 60 úderů/min. Jednočinné hydraulické buchary mají účinnost η až 75%, proto jsou ve výrobních provozech velice rozšířené a nahrazují mechanické buchary.

Mezi pohyblivé části bucharu, hmotností ovlivňující počet úderů v časovém intervalu, patří beran s horní částí zápusťky, píst a pístnice. V horní části válce je vzduchový tlumič rázu. Čerpadlo s elektromotorem, rozdělovač pracovní kapaliny a její nádrž se nachází v horní části bucharu, uloženy na odpruženém, ocelolitinovém příčnicku. V horní části válce je vzduchový tlumič rázu. Zdvhání pohyblivých částí do horní polohy probíhá tak, že čerpadlo přivede pod píst tlakem 16 až 32 MPa kapalinu, a tím dosáhne beran výchozí polohy.



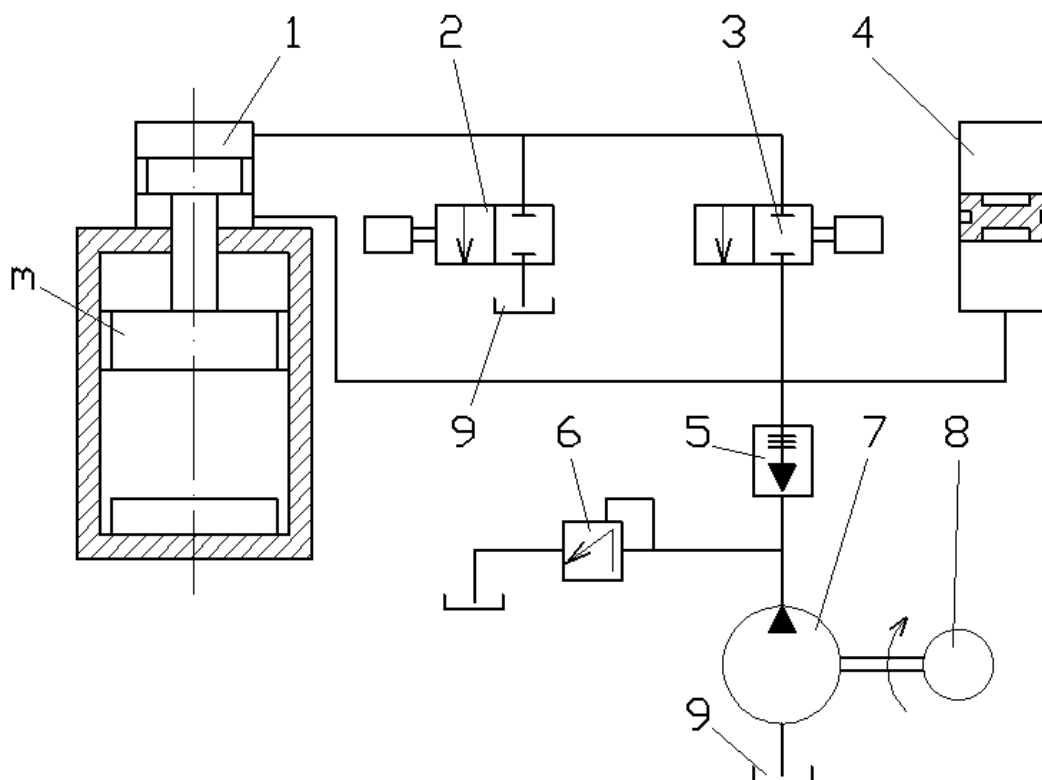
Obr. XXXVI. Jednočinný hydraulický buchar [33]

Buchar je ovládán pedálem a pákou spojenou s rozdělovačem. Největší síla úderu beranu je při plně stlačeném pedálu, kdy je plně otevřen vypouštěcí ventil pracovní kapaliny přiváděné pod píst. Při částečně stlačeném pedálu vypouštěcí ventil zmenší průtok kapaliny a tak snižuje velikost úderu beranu. Při dosažení spodní pracovní polohy je při využití setrvačnosti kapaliny automaticky buchar přepnut na chod nahoru. Pracovní cyklus trvá tak dlouho, dokud je stlačen pedál.

3.2.2. Dvojčinné hydraulické buchary

U těchto typů bucharů je i pracovní pohyb beranu vyvozen pomocí čerpadla, které je akumulátorové. Energie dopadu u dvojčinných hydraulických bucharů se pohybuje v rozmezí 15 až 60 kJ. Pracují se zdvihem do 0,85 m a počtem zdvihů do 80 zdvihů/min. Rychlost beranu je ovlivněna rychlostí pracovní kapaliny - minerálního oleje v obvodu a je od 1 do 7 m/s.

Uspořádání pohyblivých částí a konstrukce stojanu je podobná jako u jednočinných hydraulických bucharů, tzn. že pohon se nachází v horní části bucharu, uložený na ocelolitinovém příčniku. Ovládání se řídí také velikostí stlačení pedálu, který rozdělovačem reguluje množství průtoku kapaliny a tím je řízena rychlost beranu.



Obr. XXXVII. Dvojčinný hydraulický buchar [33]

1 – pracovní válec, 2,3 – rozdělovač, 4 – akumulátor, 5 – zpětný ventil, 6- pojistný ventil, 7- čerpadlo, 8 – elektromotor, 9 – nádrž

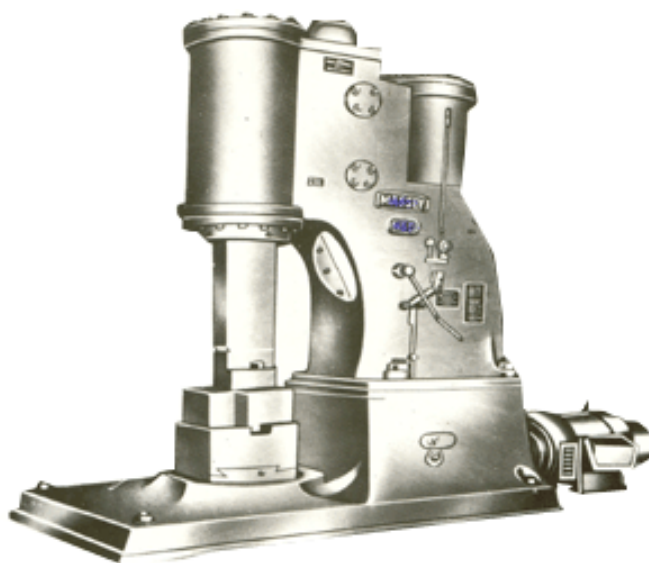
Zdvih vyvozuje minerální olej, který je dodáván z nádrže čerpadlem poháněným elektromotorem přes zpětný ventil a rozdělovač do pracovního válce (Obr. XXXVII.). Zpětná větev pracovního obvodu je připojená k akumulátoru. Než dojde k úderu beranu, rozdělovač 3 automaticky uzavře přívod pracovní kapaliny od čerpadla a druhý rozdělovač propojí prostor pracovního válce nad pístem s nádrží. Tím nad pístem klesne tlak kapaliny. Do výchozí polohy se vrací ihned po skončení pracovního zdvihu.

3.3. Plynové buchary

Plynové buchary jsou také nazývány vysokorychlostní a jsou používány většinou pro zápusťkové kování a na kování vysokouhlíkových, antikoročních, žáruvzdorných, vysoko-pevnostních ocelí a jiných těžko-tvařitelných materiálu, na přesné a kvalitní výkovky. Kromě kování lze plynové buchary použít i k protlačování materiálů nebo jiným technologickým operacím. Nositel energie může být stlačený vzduch, dusík, nebo pracují na stejném principu jako výbušný motor. Nástroj na tváření objekt dopadá vysokou rychlostí.

3.3.1. Pneumatické buchary

Pneumatické buchary (*Obr. XXXVIII.*), nazývané také kompresorové buchary, jsou poháněny stlačeným vzduchem. Jsou vybaveny vlastním kompresorem, který je poháněn elektromotorem, pracují s uzavřeným cyklem suchého vzduchu.



Obr. XXXVIII. Pneumatický buchar, na obrázku vpravo se 40 kg beranem [35, 36]

Tyto stroje jsou ekonomicky výhodné, protože mají nízké provozní náklady a dobrou účinnost. Dále mají dobrou pohotovost a citlivost regulování energie úderu. Vzduch odebraný z atmosféry tvoří pružné prostředí mezi pístem stroje a pracovním pístem, a je pracovním médiem. Při pohybu pístu kompresoru probíhá změna tlaku vzduchu ve válcích a to způsobuje zdvih beranu. Beran je spojený s pístem válce, který je přes šoupátkový rozvod

spojen s válcem kompresoru, tím píst beranu kopíruje s fázovým zpožděním píst kompresoru.

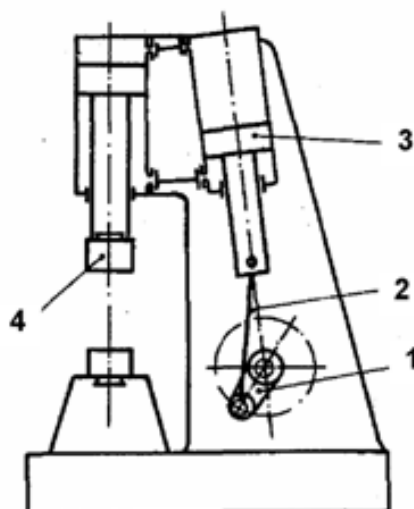
Jsou jednočinné nebo dvojčinné – tlak vzduchu může působit na jednu nebo na obě strany pístu (beran je zvedán kompresorem). U skupiny bucharů, kde tlak vzduchu působí pouze na jednu stranu pístu (jednočinných), se pohyb beranu do horní polohy děje automaticky atmosférickým tlakem a podtlakem nad pracovním pístem, při pohybu dolů je hmotnost beranu urychlena tlakem od kompresoru.

Tab. IV. Technické údaje pneumatického bucharu [35]

Hmotnost beranu [kg]	100	150	250	500	750	1000	1500	2000
Max. zdvih [mm]	355	430	535	685	760	815	890	965
Počet úderů [min ⁻¹]	200	170	140	110	100	90	85	80

Princip práce pneumatického bucharu (Obr. XXXIX.):

Při otáčení klikového hřídele 1 se pomocí ojnice 2 pohybuje píst kompresoru 3 s určitým fázovým zpožděním. Pracovní píst, který je součástí beranu, je uváděn do pohybu tlakem vzduchu v horním nebo dolním prostoru pracovního válce. Jednomu pozdvihu pístu kompresoru odpovídá jeden dvoj-zdvih beranu. Počet úderů beranu je roven počtu otáček kliky, přičemž nezávisí na energii úderu, ani velikosti zdvihu.



Obr. XXXIX. Pneumatický dvojčinný buchar [24]

1 – klikový hřídel, 2 – ojnice, 3 – píst kompresoru, 4 – beran

K rozvodu bucharu patří dva otočné válcové posouvače, které jsou spojené pákou. Ovládání stroje musí zaručovat chod naprázdno, držení beranu v horní úvrati, kování a tlačení výkovku.

Při chodu naprázdno jsou oba dva posouvače spojené na obou stranách válce s atmosférickým vzduchem. Beran leží na kovadle nebo na zápustce. Spotřeba energie je malá.

Držení beranu v horní úvrati zabezpečuje spojení dolních stran válců, přičemž beran je kmitavým pohybem držen v horní poloze.

Při kování jsou obě dvě strany válce kompresoru spojeny s oběma stranami válce beranu. Beran pracuje v rytmu s otáčkami klikového hřídele. Tyto zdvihy je možné regulovat od nízkých do středních a silných úderů tím, že dolní tlak vzduchu je podle potřeby škrcen.

Tlačení beranem nastává tehdy, když je dolní objem kompresorového válce spojen s horním objemem pracovního válce. Beran je tlačенý na kovaný kus. Tento stav je potřebný při ohýbání, rovnání a podobných operacích. [24]

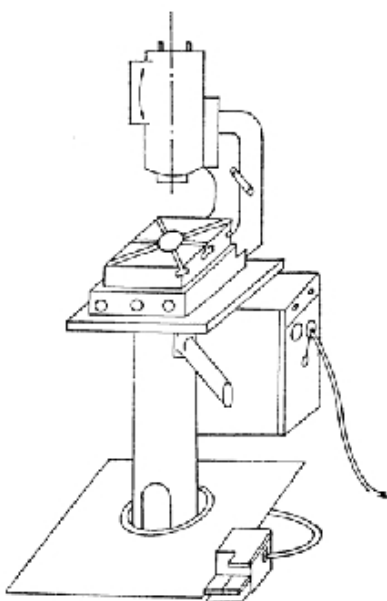
Pracovní cyklus trvá 6 až 20 sec. Proti běžným bucharům jsou cena stroje a provozní náklady, kromě nákladů na základy stroje (vysokorychlostní buchary pracují bez otřesů a jsou lehčí), u vysokorychlostních bucharů vyšší. Přesnost a drsnost výkovků jsou lepší, přídavek materiálu u zápusťkového

kování je proti běžným bucharům třetinový. Nástroje mohou mít menší úkosy, protože plynové buchary mají vyhazovač. Nevýhodou je, že životnost pracovních částí těchto bucharů je menší.

3.4. Elektromagnetické buchary

Jsou využívány pro lehké kování, ražení, děrování, ohýbání, rovnání, stříhání, vroubkování atd. železných i neželezných kovů, plastů, papírů atd. Velká výhoda je, že elektromagnetické buchary nemají žádné ozubení či jiné mechanicky namáhané součásti.

Poháněny jsou elektromagnetem, jehož pohyblivé jádro tvoří beran. Cívka elektromagnetu je umístěna v dolní části pracovní hlavy. Beran je veden ve dvou válcových, vyměnitelných bronzových pouzdrech, vidlice v horní části vodící tyče zabraňuje pootočení beranu. Stojan je ve tvaru písmene C a je vyroben z oceli na odlitky (*Obr. XL.*).



Obr. XL. Elektromagnetický buchar [28]

Má malou spotřebu proudu, protože impuls potřebný k urychlení beranu trvá velmi krátce a pak se beran vrací do horní polohy pomocí pružiny. Celá hlava je výškově nastavitelná pomocí stavěcího šroubu, zdvih lze nastavit plynule pomocí koncových spínačů umístěných v horní části vodící tyče.

3.5. Kombinované buchary

Do této skupiny patří buchary, které k pohonu využívají vzájemnou kombinaci mechanického, hydraulického, plynového a elektromagnetického přenosu energie. Jsou to např. buchary parovzdušné nebo hydropneumatické. [37]

3.5.1. Parovzdušné buchary

Jsou poháněny párou nebo stlačeným horkým vzduchem. Pára je přiváděna k bucharu potrubím od parních kotlů paroenergetického zařízení a stlačený vzduch z kompresoru kompresorové stanice. Energie páry nebo vzduchu je ve stroji přeměněna na kinetickou energii zdvihu pohyblivých částí bucharu a ve styku s kovaným materiálem se mění na užitečnou práci. Hnací mechanismus je tvořen pístem a pístnicí, hnací mechanismus je tvořen beranem s kovádkem nebo zápustkou. Pohyblivé části bucharu jsou tvořeny pístem, pístnicí a beranem s kovádkem nebo zápustkou.

Stav páry nebo vzduchu jako pracovního média je charakterizován tlakem, teplotou a měrným objemem. Tlak páry má být 0,7 až 0,9 MPa a tlak vzduchu 0,6 až 0,8 MPa. Teplota přehřáté páry nemá být vyšší než 300 °C a vzduchu 200 °C.

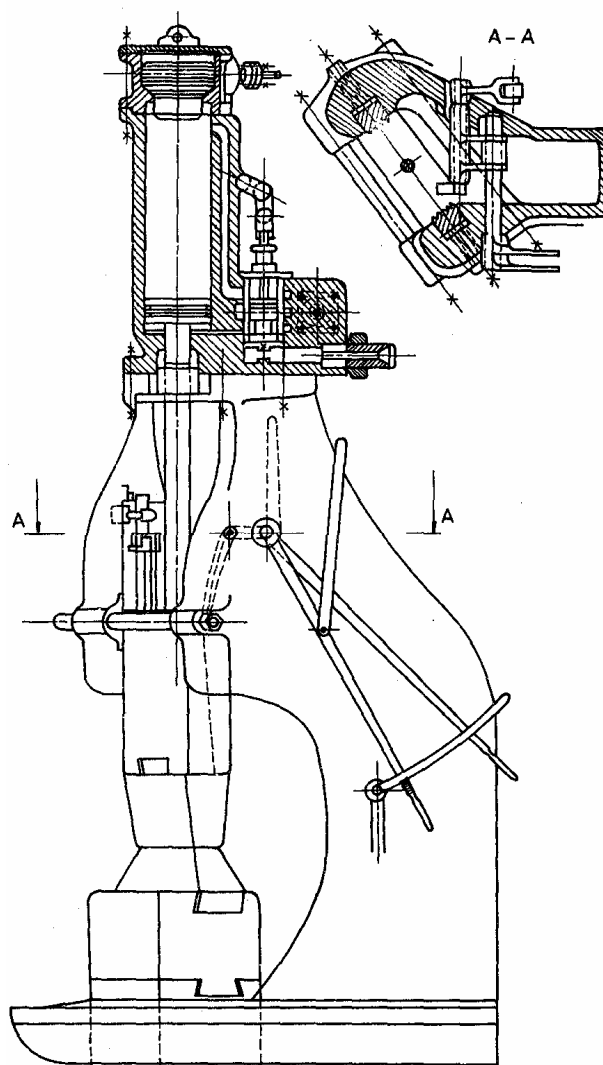
V bucharech je používána suchá nasycená, mokrá a přehřátá pára. Možnost práce bucharu s použitím jen suché nasycené páry se vylučuje. Takový stav páry se může dosáhnout jen v jednotlivých momentech práce bucharu. Obvykle se používá mokrá pára.

Parovzdušné buchary mohou pracovat i s horkým vzduchem dodávaným z kompresorové stanice. V porovnání prací při použití páry a vzduchu, vykoná podstatně větší práci 1 kg suché nasycené páry než 1 kg horkého vzduchu. To se vysvětluje tím, že specifický objem suché nasycené páry je ve výchozím stavu větší než specifický objem horkého vzduchu. [24]

Parovzdušné buchary lze použít na volné i zápustkové kování, vyráběny jsou jednostojinové nebo dvoustojinové.

Jednostojinové parovzdušné buchary (Obr. XLI.)

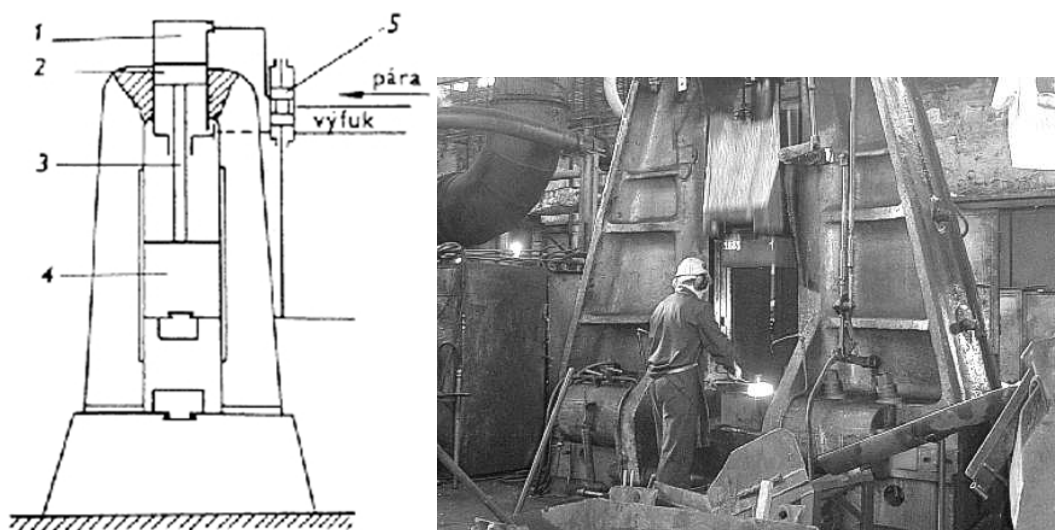
Jsou používány pro volné kování, kde je potřeba víc jednotlivých úderů, protože mají dobrý přístup k pracovnímu prostoru. Můžou se na nich vykovat výkovky s výchozími rozměry 80 až 380 mm výšky nebo průměru. Hmotnost beranu je až do 2000 kg.



Obr. XLI. Parovzdušný jednostojinový dvojčinný buchar [24]

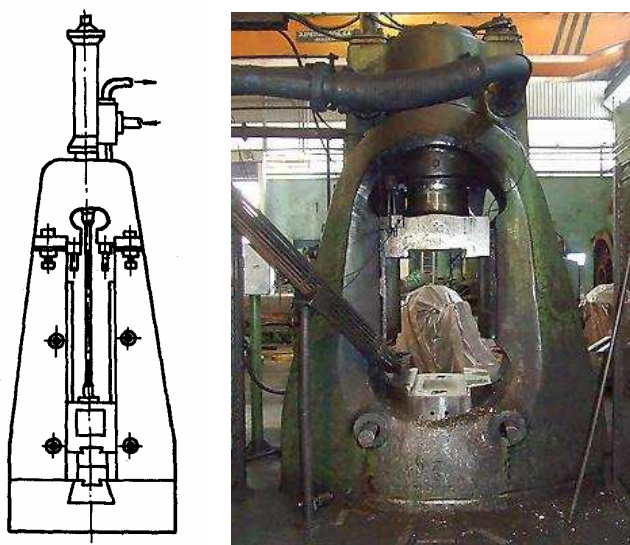
Dvoustojinové parovzdušné buchary (Obr. XLII.)

Jsou používány na kování ve vícedutinových zápustkách, protože mají přesnější a tužší vedení beranu, nebo na těžké výkovky při volném kování. Úderová práce je u dvojčinných bucharů v rozmezí 100 až 250 kJ, u jednočinných (vzduchových padacích) do 50 kJ s hmotností beranu do 4000 kg. Dvojčinné buchary dosahují 100 úderů za minutu, mají zdvih do 600 mm a hmotnost beranu vůči šabotě je 1 : 23.



Obr. XLII. Parovzdušný dvoustojinový buchar [28, 1]

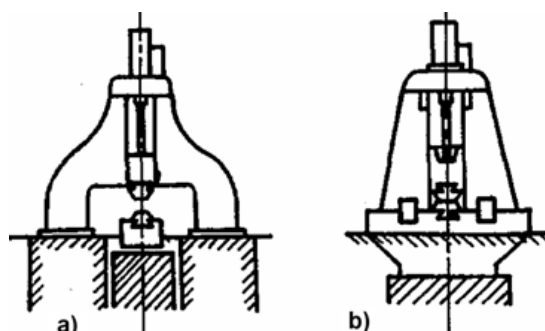
Dvoustojinové jednočinné parovzdušné buchary (Obr. XLIII.) jsou známe také pod názvem vzduchové padací buchary. Jsou to jednočinné buchary, u kterých se stlačený vzduch používá pouze na zvedání beranu do horní výchozí polohy. Zdvihový mechanismus je tenká pístní tyč s pístem.



Obr. XLIII. Parovzdušný buchar dvoustojinový jednočinný [24, 38]

Tyto stroje jsou konstruovány s úderovou prací do 50 kJ při hmotnosti beranu až 4000 kg. Protože je na těchto bucharech možno dosáhnout úderový efekt jenom potenciální energií, může mít pístní tyč zvedacího mechanismu menší průměr.

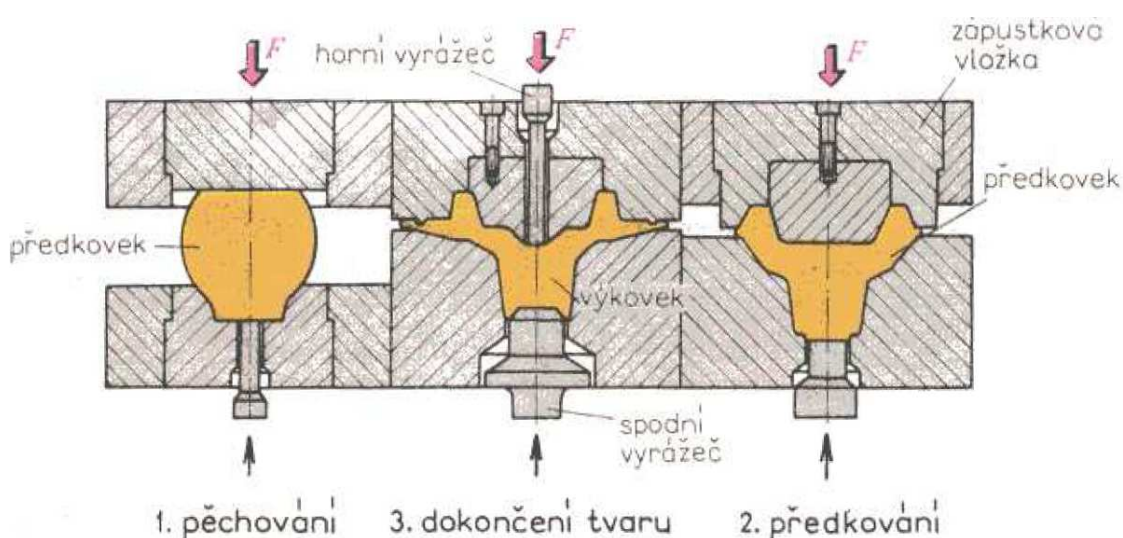
Dvoustojinové dvoučinné parovzdušné buchary *Obr. XLII.* jsou nejrozšířenější parovzdušné buchary. Jejich jmenovitá energie je 100 až 250 kJ, hmotnost beranu dosahuje až 2500 kg.



Obr. XLIV. Porovnání konstrukcí dvojstojinových dvojčinných parovzdušných bucharů [24]

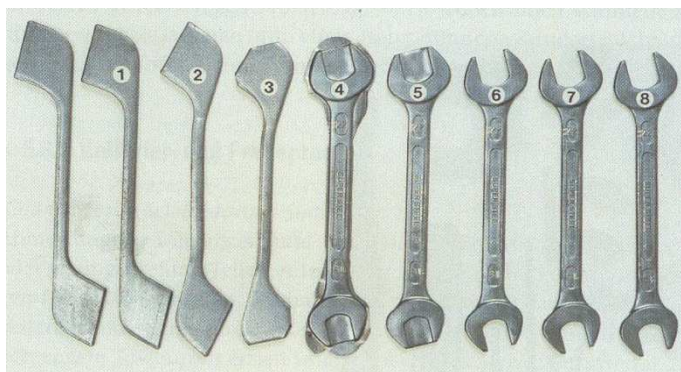
a) pro volné kování b) pro zápustkové kování

Dvoustojinové dvoučinné parovzdušné buchary (*Obr. XLIV.*) jsou používány na volné a zápustkové kování – především ve vícedutinových zápustkách (*Obr. XLV.*).



Obr. XLV. Schéma kování u vícedutinové zápustky [39]

Tam, kde nelze vykovat výkovek najednou, se kove postupně ve vícedutinových zápustkách. Postupové zápustky jsou pro kování složitějších výkovků (*Obr. XLVI.*) kovaných v několika postupech.

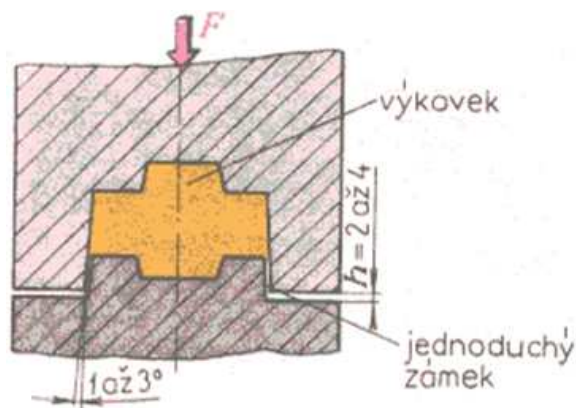


Obr. XLVI. Vznik výrobku ve vícedutinové zápustce [14]

Dvoustojinové dvoučinné parovzdušné buchary pro volné a zápustkové kování jsou odlišné hlavně v konstrukci stojanu a v uložení šaboty. Buchary pro volné kování mají větší pracovní a manipulační prostor než buchary pro zápustkové kování a mají odpruženou šabotu. Buchary pro zápustkové kování mají menší pracovní prostor a nepohyblivou šabotu.

3.5.2. Hydropneumatické buchary

U hydropneumatických bucharů (Obr. XLVIII.) jako energie k tváření slouží adiabatická expanze vysoce stlačeného plynu. Velký tlak v plynu je dosahován za pomoci tlaku pístu, který je hydraulicky zvedám proti expandovanému plynu. Jsou používány pro přesné zápustkové kování (Obr. XLVII.) a kalibrování malých a středně malých výkovků.



Obr. XLVII. Schéma přesného kování do uzavřené zápustky na bucharu [39]

Přesným kovááním jsou vyráběny výkovky s minimálními přídávky na obrábění i úkosy.

TECHNICKÉ ÚDAJE BUCARŮ ŘADY KHZ		
Typové označení		KHZ 2
Jmenovitá energie úderu bucharu	kJ	20
Počet úderů (dle velikosti zdvihu beranu)	min ⁻¹	60—150
Max. zdvih beranu	mm	400
Dopadová rychlost beranu	m . s ⁻¹	6
Vyrážecí:		
vyrážecí síla	kN	50
zdvih	mm	30
Výkon elektromotoru hlavního hydrogenerátoru	kW	30
Provozní tlak kapaliny	MPa	16
Jmenovitý plnicí tlak vzduchu	MPa	0,5—0,6
Množství oleje v nádrži	dm ³	1000
Rozměry:		
rozteče patek	mm	1690×1370
výška nad podlahou	mm	3080
Hmotnost bucharu	kg	14900
Celková hmotnost (včetně pohonu)	kg	17425

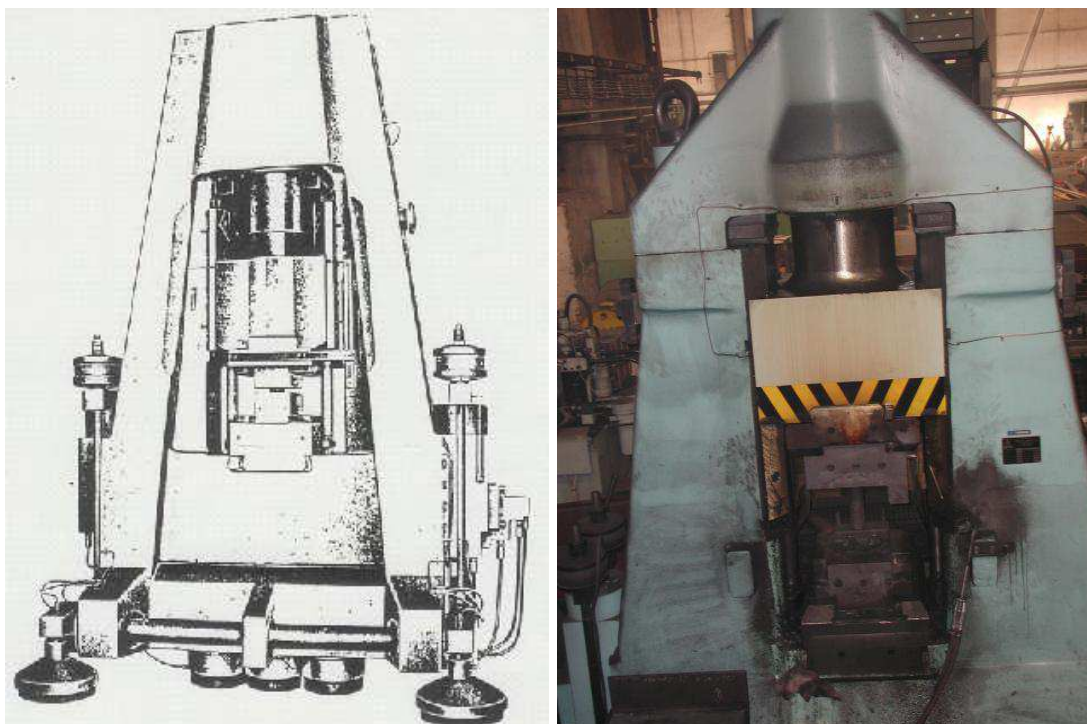
Obr. XLVIII. Pneumaticko – hydraulický buchar řady KHZ [40]

Značení hydropneumatických bucharů vyráběných v České republice:

Výrobce: Šmeral, Metalpress

Označení KJH udává, že se jedná o pneumo – hydraulický buchar, nově označován KHZ a číslo označuje jmenovitou energii jednoho úderu, neboli KJH 2 poskytuje max. energii jednoho úderu 20 kJ

Buchary řady KJH (Obr. XLIX.) jsou hnány hydraulickým agregátem umístěným vedle stroje. Agregát je složen z nádrže, na které je umístěn elektromotor s čerpadlem, hydraulickým rozvaděčem a tlakovými ventily, je zde umístěn i chladič oleje.

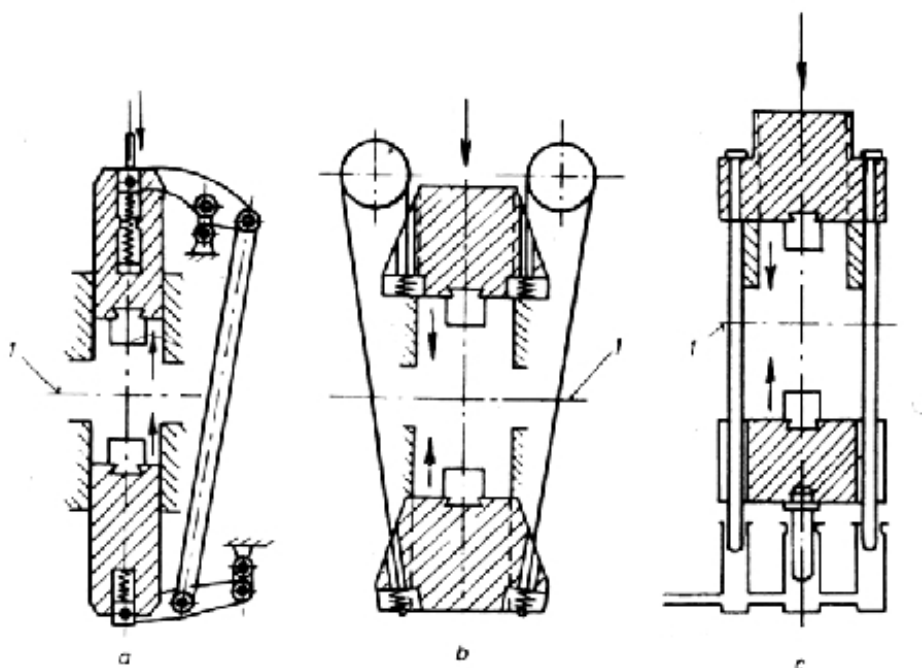


Obr. XLIX. Pneumaticko – hydraulický protiběžný buchar řady KJH (se šabotou) [28, 41]

Tab. V. Technická data pro pneumaticko – hydraulické buchary třídy KJH

	KJH 2	KJH 4	KJH 8	KJH 16
Rázová práce úderu [kJ]	20	40	80	160
Hmotnost beranu [kg]	650	1700	2500	8000
Největší zdvih beranu [mm]	400	500	600	850
Výkon čerpadla [kW]	22	45	90	180
Provozní tlak kapaliny [MPa]	16	16	16	16
Celková hmotnost bucharu [kg]	12000	29000	44000	120000

3.6. Protiběžné buchary s vázaným pohonem (Obr. L.) [42]



Obr. L. Základní principy protiběžných bucharů [29]

A – s pákovou vazbou, B – s pásovou vazbou, C – s hydraulickou vazbou

3.6.1. S mechanickou pákovou vazbou

Berany mají vždy stejnou hmotnost a pracovní zdvih u těchto málo používaných bucharů je do 600 mm. Nevýhodou je, že pevná páka zabraňuje odrazu beranů (důsledek pružného rázu), proto je nutnost použití pružné vazby, v tomto případě vložením talířových pružin, které jsou poruchové.

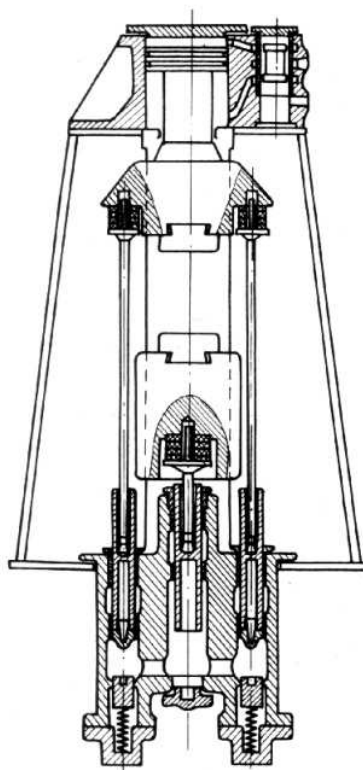
3.6.2. S mechanickou pásovou vazbou

Jsou nejrozšířenější protiběžné buchary, mají úderovou energii do 500 kJ, hmotnost beranu od 32 do 220 t. Nejrozšířenějšími pohony bucharů s pásovou vazbou jsou parovzdušně nebo tlakovou kapalinou. Pásky jsou nejvíce namáhanou součástí těchto bucharů, proto je využíváno větší hmotnosti spodního beranu k jejich odlehčení během úderu a k otevíření pracovního prostoru (po úderu se oba berany posunou směrem nahoru). Pásky jsou dimenzovány tak, že pouhá třetina jejich celkového počtu by snesla sílu působící od beranu. Jsou vyrobeny z oceli, která má pevnost 1300 až 1600 MPa. Kdyby došlo k přetržení všech pásů najednou, jednostranný tlak

vpouštěný šoupátkovým rozvodem střídavě pod píst a nad píst (píst je odlitý z jednoho kusu s horním beranem) pracovního válce, vzpříčí oba berany a stroj se zastaví. Jako tlumič rázu jsou při spojení pásu s beranem používány gumové kroužky. Jejich životnost je v normálním provozu 3 až 4 měsíce. Jeden pás je složen z 20 až 40 kusů ocelových pásů o tloušťce 0,5 až 0,6 mm a šířce 100 až 300 mm válcovaných za studena. Na bucharu je možné pracovat, dokud není víc než jedna třetina pásů poškozena. Nejvíce pásy praskají v otvorech, kterými jsou připevněny k hornímu a dolnímu tlumiči rázu.

3.6.3. S hydraulickou vazbou

Protiběžné buchary s hydraulickou vazbou (*Obr. LI.*) mají úderovou energii až 1300 kJ, hmotnost každého beranu až 150 t. Rychlost úderu je z důvodu hydraulických odporů v obvodu nižší, dosahuje hodnot 2,5 až 2,7 m/s. Tyto buchary mohou pracovat rychlostí maximálně 40 úderů za minutu. Fungují na principu spojených nádob, kde bývá tlak oleje kolem 16 MPa. Nejrozšířenější je pohon párou nebo vzduchem. Používány jsou především na velké výkovky.



Obr. LI. Protiběžný buchar s hydraulickou vazbou [29]

Největší protiběžný buchar na světě (Obr. LII.) vyrobila společnost Schuler Group. Jedná se o pneumatický buchar a je určený většinou pro výrobu klikových hřídelí a přírub pro užitková vozidla. Poskytuje tvářecí energii až 1 400 kJ, to přibližně odpovídá výkonu tvářecího lisu o síle 54 000 tun.



Obr. LII. Píst s beranem a vedením největšího pneumatického protiběžného bucharu na světě [43]

3.7. Protiběžné buchary s nezávislým pohonem

Jsou rozděleny na bezšabotové a na buchary se šabotou, používány jsou k zápusťkovému kování.

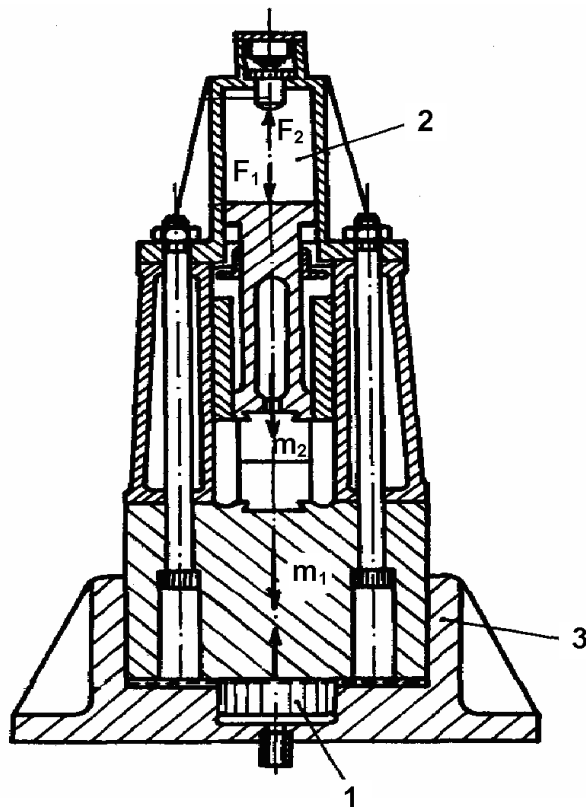
3.7.1. Bezšabotové

Každý z obou beranů mají svůj vlastní pohon. Řízení obou, nejčastěji parovzdušných, pohonů je propojené. Používány jsou na kování v jednodutinové zápustce.

3.7.2. Se šabotou

Hlavní výhoda šabotových protiběžných bucharů je, že nepotřebují základ stroje, a tak mohou být umístěny přímo na betonovou podlahu. Ve srovnání se šabotovými buchary má stroj při stejném výkonu až o 50% menší hmotnost, má přesně vedenou dráhu beranu a může být vybaven vyhazovačem

(většinou pneumatickým nebo hydraulickým). Na protiúderu se podílí celá hmotnost bucharu. Beran poháněný stlačeným vzduchem vhání přes hydraulický rozvaděč tlakovou kapalinu, která je vedena do válců, které zvedají stojan.



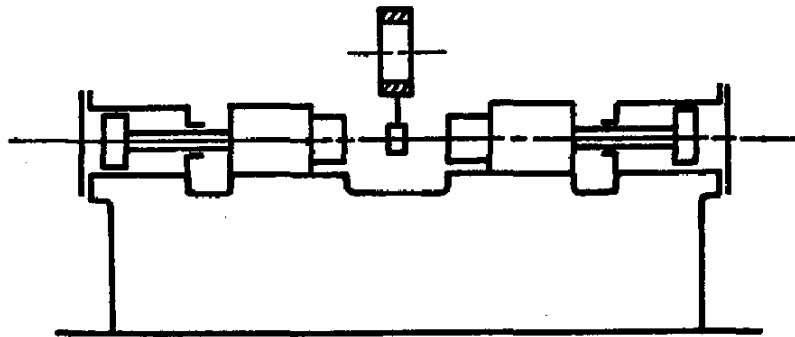
Obr. LIII. Protiběžný buchar se šabotou [24]

1,2 – válce, 3 - vedení

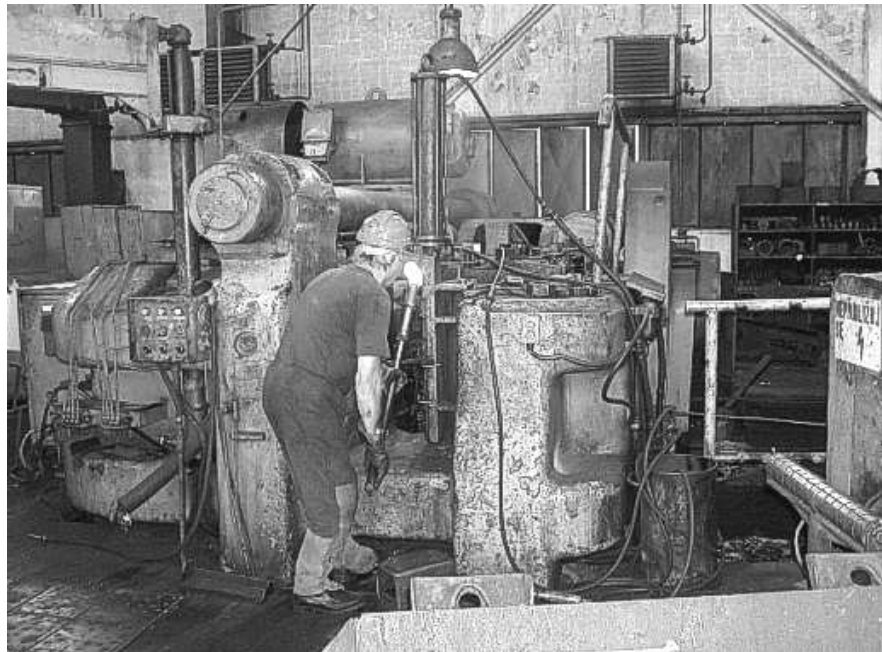
Šabotové protiběžné buchary jsou konstruovány tak – volí se průměry válců (Obr. LIII.), aby hybnost beranu a stojanu byli stejné (rychlosti jsou nepřímo úměrné hmotám), čím se docílí toho, že při úderu nevznikne rázový účinek. Energie stojanu je pak využita při dalším zdvihu, zachytí jí kapalina a rozvaděčem je přeměněna na tlakovou energii použitou pro pohon beranu. Po úderu je rozvaděč uzavřen a tlaková kapalina zvedne beran do horní výchozí polohy při současném stlačování vzduchu ve válci nad beranem. Stojan bucharu a příčník se vzduchovým válcem jsou z oceli na odlitky a navzájem jsou spojeny nýtováním. Beran je s pístnicí vykován z jednoho kusu z legované oceli.

3.7.3. Horizontální protiběžný buchar

Známý také pod názvem impaktor (*Obr. LIV.*) je používán jak na kování v zápustkách, tak i na volné kování. Dva berany, levý a pravý se pohybují v horizontální rovině proti sobě. Pracovní médium je pára nebo stlačený vzduch, dodávaný do pracovních válců současně. Rovina rázu je ve středu mezi berany. V této poloze je umístěný polotovár určený ke kování. Polotovár se zpravidla upevňuje pomocí speciálních čelistí, které jsou součástí manipulačního zařízení. Impaktory (*Obr. LV.*) se používají především na dokončovací kování. Vyráběny jsou s energií úderu až 550 kJ.



Obr. LIV. Schéma horizontálního protiběžného bucharu [24]



Obr. LV. Vodorovný kovací stroj Šmeral 1200t pro výrobu hřídelů [1]

4. Výpočty pracovní schopnosti bucharu

4.1. Šabotové buchary

Úderová (rázová) práce (2.1) – práce vykonaná beranem při nejsilnějším úderu

$$A = \eta_0 * m_p * h = G * v_0^2 / 4 \quad [\text{J}] \quad (2.1)$$

kde je:

m_p – hmotnost padajících částí

h – výška pádu

η_0 – účinnost (2.2)

$$\eta_0 = v_0^2 / v_t^2 \quad (2.2)$$

v_0 – skutečná (měrná) rychlost beranu při dopadu

v_t – teoretická rychlost volného pádu

Rychlost beranu je největší v okamžiku styku s tvářeným materiálem, pak parabolicky klesá až na nulu.

Okamžitá rychlost beranu (2.3):

$$v^2 = v_0^2 * (h_0 - h - x) / (h_0 - h) \quad (2.3)$$

kde je:

x – vzdálenost od místa styku beranu s tvářeným materiálem

Šabotová ztráta:

hybnost před rázem = hybnost po rázu

$$m_b * v = (m_s + m_b) * v' \rightarrow v' = m_b * v / (m_s + m_b) \quad (2.4)$$

kde je:

m_b – hmotnost beranu

m_s – hmotnost šaboty

v' - společná rychlost po rázu (2.4)

Energie před úderem (2.5):

$$E_1 = \frac{1}{2} * m_b * v^2 \quad (2.5)$$

Energie ztracená pohybem šaboty (2.6):

$$E_2 = \frac{1}{2} * (m_s + m_b) * v'^2 \quad (2.6)$$

Využitá energie (2.7):

$$E_v = E_1 - E_2 \quad (2.7)$$

Účinnost pro dokonale plastická tělesa (2.8):

η = využitá energie / původní energie

$$\eta = (E_1 - E_2) / E_1 = 1 - E_2/E_1$$

$$\eta = 1 - [1/2 * (m_s + m_b) * v^2] / [1/2 * m_b * v^2]$$

$$\eta = 1 - m / (m_s + m_b) = m_s / (m_s + m_b) \quad (2.8)$$

Účinnost se zřetelem na součinitel rázu (2.9):

$$\eta = m_s * (1 - k^2) / (m_s + m_b) \quad (2.9)$$

kde je:

k – součinitel rázu $k = 0,25$ až $0,35$

Tab. VI. Účinnost – velikost šabotové ztráty

m_s/m_b	5	10	15	20	30
η	0,75	0,82	0,85	0,86	0,89

m_s/m_b – poměr hmotnosti beranu a šaboty

pro volné kování $m_s/m_b = 10$ až 15

pro zápusťkové kování $m_s/m_b = 20$ až 25

4.2. Protiběžné buchary

Konstrukční uspořádání mohou mít vertikální nebo horizontální. Protiběžné buchary můžou mít poháněný pouze jeden beran a druhý může být kinematicky vázán, nebo můžou být samostatně poháněny oba berany. Vázaný pohon úderných částí může mít mechanickou nebo hydraulickou vazbu, nezávislý pohon může mít šabotu nebo je bezšabotový. Je zde brán zřetel na přesné vedení beranu, a proto jsou vhodné pro zápusťkové kování. Úderné části nemusejí mít u protiběžných bucharů stejnou hmotnost, běžně ale je hmotnost spodního beranu o 10 až 20% větší a oba berany mají v praxi stejnou rychlost, proto ihned po úderu jdou u vertikálního konstrukčního uspořádání bucharu oba berany s tvářeným materiálem směrem vzhůru. Úderová rychlost bývá přibližně 3 m/s a úderová práce je přibližně rovna hmotnosti beranu.

Výpočet kinetické energie (3.1) protiběžných bucharů:

$$E = m_1 \cdot v_1^2 / 2 + m_2 \cdot v_2^2 / 2 \quad (3.1)$$

Aby tváření probíhalo v rovině dotyku nástroje, musí být dodržena tato podmínka (3.2):

$$m_1 \cdot v_1 = m_2 \cdot v_2 = m \cdot v \quad (3.2)$$

Úderová práce (3.3):

$$A = G \cdot v^2 / 2 \quad (3.3)$$

kde je:

m_1, m_2 – hmotnosti beranů

v_1, v_2 – rychlosti beranů v době úderu

5. Závěr

Současný vývoj s ohledem na požadovanou produktivitu vyžaduje plnou automatizaci kovacího procesu s použitím vysoce výkonných zařízení. Kovárenství jako významný průmyslový sektor v oblasti tváření kovů prodělává vlivem výzkumu a vývoje velmi podstatné změny. Mění se strojní park, konstrukce i vlastnosti nástrojů, technologické postupy, přesnost a kvalita vykováných dílů i produktivita práce. [44]

V dnešní době jsou buchary používány kromě volného kování spíše pro menší série zápusťkového kování. Buchary jsou podle procentuálního zastoupení ve strojních podnicích stále více nahrazovány kovacími lisami a jejich využívání v sériové výrobě klesá. Pro velké série výkovků je trendem použití automatizované kovací linky (*Obr. LVI.*).

Pro příklad uvedu vybavení kovárny VIVA Zlín, spol. s r. o., specializující se na výrobu zápusťkových výkovků z legovaných, mikrolegovaných, uhlíkových a konstrukčních ocelí o hmotnostní rozmezí výrobků mezi 0,1 - 20 kg. [45]

Svislé kovací lisy- 2 x 1000 t, 3 x 1600 t, 1 x 2500 t

Vřetenové lisy- 2 x 2500 t

Buchary- 1 x 30 kJ, 1 x 80 kJ



Obr. LVI. Automatická kovací linka vyrábějící příborové nože, hasáky, dláta, nůžky aj. [46]

Kovárenská výroba má v těžkém a středním strojírenství v České republice dlouhodobou tradici. S rozvojem strojírenského průmyslu a s podporou především automobilového průmyslu v České republice dále vzrostla poptávka po kovových komponentech do těchto odvětví. Rozvoj odvětví je s důrazem na užití high technologií. Výroba výkovků v České republice má velmi dobré vyhlídky na další rozvoj v náročném konkurenčním prostředí, což potvrzuje i stoupající produktivita *Tab. IX.* Výrobní základnu českého kovárenského průmyslu tvořilo k 31. 12. 2005 celkem 39 kováren (s více než 25 zaměstnanci).

Tab. VII. Výkaz kovárenství volných výkovků z ocelí za rok 2007 [47]

Volné výkovky z ocelí		1	t	176 629
		2	tis.Kč	8 078 908
v tom	volné výkovky	3	t	93 958
		4	tis.Kč	4 410 965
	válcované kruhy	5	t	dův. údaj
		6	tis.Kč	dův. údaj
	kované zápustkové bloky	7	t	dův. údaj
		8	tis.Kč	277 788
	kovaná tyčová ocel	9	t	49 646
		10	tis.Kč	2 067 764
	kované železniční nápravy	11	t	dův. údaj
12		tis.Kč	dův. údaj	
Kontrolní součet				16 319 566

Tab. VIII. Výkaz kovárenství zápustkových výkovků z ocelí za rok 2007 [47]

Zápustkové výkovky z ocelí			1	t	144 593
			2	tis.Kč	7 221 978
v tom	zápustkové výkovky kované za tepla		3	t	144 503
			4	tis.Kč	7 220 011
	v tom	zápustkové výkovky	5	t	130 184
			6	tis.Kč	6 374 815
		příruby	7	t	dův. údaj
			8	tis.Kč	86 142
		tvarovky pro potrubí	9	t	dův. údaj
			10	tis.Kč	dův. údaj
	zápustkové výkovky kované za studena		11	t	dův. údaj
			12	tis.Kč	dův. údaj
Kontrolní součet					21 322 227

Tab. IX. Produktivita práce v oblasti kování a lisování [48]

rok	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
tis. Kč / prac.	282,5	349,9	337,5	364,2	436,5	487,1	559,5	620,6

Situace v kovárenském průmyslu v Evropě a ve světě [49]

Z celosvětového hlediska ve výrobě zápustkových výkovků připadá na Evropu 27 %, na Rusko 16 %, Dálný východ (Čína, Korea, Tchaj-wan) 20 %, Indie 5 %, USA a Kanada 14 %, Japonsko 10 %, Jižní a Střední Amerika 14%. V Evropě je v oblasti zápustkového kování na prvním místě Německo se 47 %; na ČR připadají pouze asi 3 %.

Literatura

- [1] http://www.tatra.cz/web_spol/TATROVAK/filenew.asp?id=46, 5/2010
- [2] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Kov%C3%A1%C5%99stv%C3%AD>, 4/2010
- [3] <http://kovarina.webz.cz/foto/me1-10.jpg>, 5/2010
- [4] <http://www.drakkaria.cz/umelecke-kovarstvi/kostymove-spony/?page=1>, 5/2010
- [5] http://www.kanony.cz/public/Image/sekce-data-8/hakovnice_italska.jpg, 5/2010
- [6] <http://www.kanony.cz/public/Image/sekce-data-4/lodnidelo.jpg>, 5/2010
- [7] <http://mve.energetika.cz/uvod/hamr.htm>, 4/2010
- [8] http://druidova.mysteria.cz/MISTA_SILY/HAMR_VODNI/HAMR_DOBRIV.htm, 4/2010
- [9] <http://www.ceskykutil.cz/tvorime/stara-remesla-a-tradice/vodni-hamr-v-dobriv>-aneb-trocha-historie, 4/2010
- [10] <http://www.taforge.cz/images/buchar.jpg>, 5/2010
- [11] http://ollie.info/skola/SPS_TEPLICE/Tvareni_kovu.pdf, 3/2010
- [12] <http://ulozto.sk/3562048/8-a-9-kovani-cela-teorie.ppt>, 3/2010
- [13] www.kmm.zcu.cz/Benesova/otazka9.doc, 3/2010
- [14] http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/03.htm, 2/2010
- [15] http://www.dashofer.cz/download/pdf/stp/13_tvareni.pdf?wa=W, 3/2010
- [16] http://u12133.fsid.cvut.cz/podklady/TE1/cvic_vykovek.pdf, 3/2010
- [17] http://www.stabra.com/betlemska/fotky/45_kovarna.jpg, 5/2010
- [18] <http://www.pbk.cz/index.php?idmenu=28>, 5/2010
- [19] http://ollie.info/skola/SPS_TEPLICE/Tvareni_kovu.pdf, 3/2010
- [20] http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/01.htm, 2/2010
- [21] http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/opory_soubory/technologie_tvareni/kapitola_2.htm, 3/2010
- [22] <http://www.mbnskovarna.cz/fotogalerie/>, 4/2010
- [23] <http://www.swrjihlava.cz/index.php?page=vyroba>, 5/2010
- [24] http://www.sjf.tuke.sk/kvtar/1/files/05_Buchary.pdf, 2/2010
- [25] <http://www.tsplzen.cz/cz/hydraulicke-lisy-kovaci.asp>, 5/2010
- [26] RUDOLF, B. - KOPECKÝ, M.: Tvářecí stroje : Základy výpočtů a konstrukce, SNTL Praha, 1979

- [27] <http://www.prato.cz/cgi-bin/602cgi8/is-prato/web/cl.hrw?lang=0&mn=2&pmn=4&cl=71>, 3/2010
- [28] MAŇAS, S.: Výrobní stroje a zařízení : Tvářecí stroje - poznámky k přednáškám, ČVUT Praha, 2006/2007
- [29] VAVŘÍK, I. - BLECHA, J.: Výrobní stroje a zařízení : Syllabus přednášek pro kombinované bakalářské studium, 2002
- [30] <http://dom.bazos.sk/inzerat/3412126/buchar.php>, 4/2010
- [31] HAŠEK, V.: Kování, SNTL Praha, 1965
- [32] <http://www.kovarna.cz/zvu-vyrobní-možnosti.php>, 4/2010
- [33] http://jaggimachinesindia.com/only_tech_details/friction_drop.htm, 4/2010
- [33] NOVOTNÝ, K.: Výrobní stroje : Část I - tváření, VUT Brno, 1987
- [34] KOPECKÝ, M. - RUDOLF, B.: Základy stavby tvářecích strojů, Moravské tiskařské závody, 1970
- [35] http://jaggimachinesindia.com/only_tech_details/clear_space.htm, 4/2010
- [36] http://kovarna.webzdarma.cz/stranky/kde_co_%20koupit.htm, 4/2010
- [37] FUCHS, O.: Kování a zařízení v kovárně : Příručka pro provoz, konstrukci a vyučování, ROH – PRÁCE Praha, 1953
- [38] <http://www.kovonet.cz/index.php?kategorie=1254&type=detail&sub=z&ID=93845>, 5/2010
- [39] <http://www.strojnilyceum.wz.cz/maturita/tep/tep12.pdf>, 5/2010
- [40] <http://nabidky.abc.cz/nabidka/314762-cz-buchar-pneumatickohydraulicky-typ-khz-2/>, 4/2010
- [41] <http://www.akkstroje.cz/pdf/detail.php?id=100387>, 5/2010
- [42] DRASTÍK, F.: Kovářství, SNTL Praha, 1963
- [43] <http://www.mmspektrum.com/clanek/nejvetsi-protibezny-buchar-na-svete>, 3/2010
- [44] <http://www.mmspektrum.com/clanek/automatizace-kovaciho-procesu>, 4/2010
- [45] <http://www.viva.cz/web/structure/vyroba-12.html>, 5/2010
- [46] <http://www.kovonet.cz/index.php?kategorie=1254&type=detail&sub=z&ID=93843>, 5/2010
- [47] <http://www.mpo.cz/dokument49598.html>, 5/2010
- [48] <http://www.mpo.cz/dokument56844.html>, 5/2010
- [49] <http://www.mmspektrum.com/clanek/trendy-v-kovarenskem-prumyslu>, 5/2010

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. O právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tom případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

V Liberci, 28.5.2010

Podpis

Declaration

I have been notified of the fact that Copyright Act No. 121/2000 Coll. applies to my thesis in full, in particular Section 60, School Work.

I am fully aware that the Technical University of Liberec is not interfering in my copyright by using my thesis for the purposes of TUL.

If I use my thesis or grant a licence for its use, I am aware of the fact that I must inform TUL of this fact; in this case TUL has the right to seek that I pay the expenses invested in the creation of my thesis to the full amount.

I compiled the thesis on my own with the use of the acknowledged sources and on the basis of consultation with the head of the thesis and a consultant.

In Liberec, 28.5.2010

Signature